

НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ СТРАТЕГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На правах рукопису

ІВАНЮТА СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 504.058; 504.064

**НАУКОВІ ОСНОВИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ ЕКОЛОГІЧНИЙ
БЕЗПЕЦІ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

21.06.01 – Екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор

Качинський Анатолій Броніславович

Київ – 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ РЕГІОНІВ	17
1.1 Аналіз літератури з проблематики оцінки ризиків екологічній безпеці	17
1.2 Аналіз основних чинників формування загроз екологічній безпеці у природному середовищі.....	29
1.3 Аналіз основних чинників формування загроз екологічній безпеці у техногенному середовищі.....	40
1.4 Аналіз методів оцінки ризиків природного і техногенного походження	51
Висновки до розділу 1.....	59
РОЗДІЛ 2 НАУКОВІ ОСНОВИ ОЦІНКИ РІВНІВ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ ДЕРЖАВИ.....	62
2.1 Метод оцінки рівня безпеки основних об'єктів захисту.....	62
2.2 Оцінка рівня безпеки основних об'єктів захисту регіонів України...	66
2.3 Визначення швидкості зміни функцій безпеки основних об'єктів захисту регіонів.....	103
Висновки до розділу 2.....	108
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЗАГРОЗ БЕЗПЕЦІ КРИТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНІВ.....	111
3.1 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних електромереж ..	117
3.2 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних газопроводів.....	123
3.3 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних залізничних шляхів.....	128

3.4 Оцінка загроз безпеці експлуатації міжнародних транспортних коридорів.....	135
3.5 Оцінка загроз безпеці експлуатації мостів.....	147
Висновки до розділу 3.....	159
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЗАГРОЗ	
БЕЗПЕЦІ КРИТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	162
4.1 Вихідні положення.....	162
4.2 Призначення та мета удосконалення.....	164
4.3 Основні функції та задачі.....	166
4.4 Програмно-технічна реалізація оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України.....	176
4.5 Вимоги до програмних засобів оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України.....	185
Висновки до розділу 4.....	187
РОЗДІЛ 5 РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ОЦІНКИ РИЗИКІВ	
ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ РЕГІОНІВ.....	189
5.1 Метод оцінки ризиків екологічній безпеці регіонів держави.....	189
5.2 Оцінка ризику втрати життя і здоров'я населення в регіонах України.....	191
5.3 Оцінка ризику втрати та ушкодження господарських об'єктів в регіонах України.....	200
5.4 Оцінка ризику втрати та ушкодження об'єктів довкілля в регіонах України.....	204
5.5 Оцінка ризику екологічній безпеці регіонів України.....	208
Висновки до розділу 5.....	213
РОЗДІЛ 6 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ СТАНУ	
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ.....	216
6.1 Визначення індикаторів оцінки рівня екологічної безпеки регіонів.....	216
6.2 Порівняльна оцінка регіонів України за рівнем екологічної	

	4
безпеки.....	224
6.3 Регіональна оцінка рівня техногенного навантаження в Україні ...	238
Висновки до розділу 6.....	252
ВИСНОВКИ.....	255
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	259
ДОДАТКИ.....	292
Додаток А.....	292
Додаток Б.....	300

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція
ВВП – валовий внутрішній продукт
ВРП – валовий регіональний продукт
ГВР – гірничо-видобувні райони
ГДК – граничнодопустима концентрація
ГЕС – гідроелектростанція
ГЗК – глобальні зміни клімату
ГІС – геоінформаційні системи
ГС – геологічне середовище
ДЗЗ – дистанційне зондування Землі
ДСНС – Державна служба України з надзвичайних ситуацій
ЕВВП – енергоємність валового внутрішнього продукту
ЄБРР – Європейський банк реконструкції та розвитку
ЄС – Європейський Союз
ІАПОР – інформаційно-аналітична підсистема оцінки та прогнозування
ризиків надзвичайних ситуацій на територіях підвищеної природно-
техногенної небезпеки
ІЛР – індекс людського розвитку
ІПНБ – Інститут проблем національної безпеки
КМУ – Кабінет Міністрів України
ЛЕП – лінія електропередач
МЕМ – магістральні електромережі
МЗШ – магістральні залізничні шляхи
МНС – Міністерство надзвичайних ситуацій
МТК – міжнародний транспортний коридор
НАНУ – Національна академія наук України
НЕГП – небезпечні екзогенні геологічні процеси
НІСД – Національний інститут стратегічних досліджень
НПС – навколишнє природне середовище

НС – надзвичайна ситуація

ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище

ОКТИ – об’єкт критичної транспортної інфраструктури

ПЗОЗБ – програмні засоби оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури

ПМА – промислово-міська агломерація

ПНО – потенційно-небезпечний об’єкт

ПТГС – природно-техногенна геологічна система

РНБОУ – Рада національної безпеки і оборони України

СМТ – селище міського типу

ТГС – техногенно-геологічна система

УІАС НС – Урядова інформаційно-аналітична система з надзвичайних ситуацій

ФБ – функціональний блок

ВСТУП

Актуальність роботи. За сучасних умов на тлі загострення обстановки в східних регіонах України відбувається зростання загроз екологічній і техногенній безпеці держави, у т. ч. внаслідок порушення технологічного режиму функціонування численних ПНО. Наявний в Україні комплекс гірничодобувних, хімічних, енергетичних об'єктів із значною кількістю промислово-міських агломерацій та високою щільністю населення зумовлює істотне зростання ризиків виникнення техногенних катастроф з масштабними негативними наслідками через загрозу руйнування ПНО, у т.ч. внаслідок воєнних дій, у місцях їх дислокації. З-поміж об'єктів критичної інфраструктури особливу загрозу становлять просторово розподілені залізничні колії, нафто- та газопроводи, мости, ПНО, магістральні електромережі, безпечна експлуатація яких має першочергове значення для соціально-економічного розвитку України.

За даними компанії *Swiss Re* в 2015 р. у світі сталося 353 катастрофічних подій, в результаті яких подій понад 26 тис. чол. загинули або пропали безвісти. Загальні економічні збитки від природних та техногенних катастроф у світі в 2015 р. склали 92 млрд доларів порівняно з 113 млрд доларів у 2014 р.

Україна не є виключенням з глобальних трендів. Загальна кількість надзвичайних ситуацій (НС) в нашій державі у 2015 р. збільшилася на 3,5 % порівняно з показником 2014 р. і становила 148. При цьому кількість постраждалих внаслідок НС у 2015 р. збільшилася на 41,5 % порівняно з попереднім роком і склала 962 чол. Обсяг економічних збитків від природних і техногенних катастроф в Україні у 2015 р. збільшився до 538,8 млн грн порівняно з 198,8 млн грн у 2014 р. Така ситуація разом із підвищенням уразливості населення у результаті демографічних, технологічних і соціально-економічних змін, що відбуваються в умовах поширення процесів урбанізації, погіршення стану довкілля, глобальних змін клімату може призвести до

істотного зростання ризиків і загроз природного і техногенного походження та зниження рівня екологічної безпеки.

Враховуючи системні дослідження сучасного стану екологічної безпеки держави, можна дійти висновку про необхідність уточнення підходів до зниження ризику природних і техногенних катастроф як необхідної умови зміцнення потенціалу протидії держави для більш ефективного захисту населення, об'єктів інфраструктури та довкілля.

Концепція зниження ризику катастроф широко використовується в світі шляхом запровадження систематичних зусиль з аналізу та управління важливими факторами катастроф, у тому числі за рахунок зниження схильності до впливу таких факторів, зменшення уразливості населення, господарських об'єктів і довкілля, поліпшення рівня готовності до несприятливих подій.

Беручи до уваги складні соціально-економічні умови, в яких перебуває Україна, для підвищення рівня екологічної безпеки держави необхідно запроваджувати сучасні світові підходи щодо зниження ризику і на цій основі ухвалювати обґрунтовані рішення щодо запобігання і мінімізації негативних наслідків надзвичайних ситуацій і стихійних лих. Робота присвячена розробці методів і програмно-технічних засобів, спрямованих на вирішення завдань оцінки загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів держави.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт Національного інституту стратегічних досліджень “Політичні аспекти проблем природокористування в Україні” (№ держреєстрації 0111U001564, 2011 р.), “Актуальні проблеми державної політики у сфері екологічної та техногенної безпеки в Україні та шляхи їх вирішення” (№ держреєстрації 0112U000848, 2012 р.), “Стратегічні пріоритети формування державної політики сталого розвитку: екологічні й природно-техногенні аспекти” (№ держреєстрації 0113U001155, 2013 р.), “Проблеми формування і реалізації державної екологічної політики в Україні: регіональний вимір” (№ держреєстрації

0114U003206, 2015 р.), а також “Вплив глобалізаційних процесів на функціонування енергетики України” (№ держреєстрації 0115U003483, 2014 р.). Крім того, робота виконувалася в рамках науково-дослідної тематики Інституту проблем національної безпеки за замовленням РНБО України у період з 2007 по 2010 рр., зокрема, "Наукові засади системного забезпечення інформаційної безпеки в Україні" (№ держреєстрації 0109U004815), а також в рамках роботи „Удосконалення інформаційно-аналітичної підсистеми оцінки та прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки” (№ держреєстрації 0103U008873).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було створення наукових основ оцінки актуальних ризиків і загроз екологічній безпеці регіонів держави, розробка нових методів оцінки рівня екологічної безпеки для основних елементів захисту регіонів: населення, господарських об’єктів і довкілля, визначення основних закономірностей формування загроз безпеці об’єктам критичної транспортної інфраструктури в регіонах України.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

- дослідження тенденцій і характеру змін основних природних і техногенних загроз та їх впливу на стан екологічної безпеки регіонів України;
- розробка методу оцінки рівня безпеки регіонів держави для основних об’єктів їх захисту: населення, господарських об’єктів і складових довкілля;
- дослідження процесів формування та динаміки змінювання ризиків і збитків від загроз природного і техногенного походження;
- розробка методу комплексної оцінки ризику екологічній безпеці регіонів з урахуванням збитків для об’єктів їхнього захисту;
- розробка методу оцінки інженерно-геологічних загроз безпеці експлуатації об’єктів критичної транспортної інфраструктури регіонів;
- адаптація методів використання технологій геоінформаційних систем для оцінки ризиків і загроз екологічній безпеці;

- розробка програмних засобів оцінки загроз безпеці експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури з використанням технологій геоінформаційних систем;
- розробка методу оцінки рівня екологічної безпеки регіонів з використанням обґрунтованої системи індикаторів;
- розробка методики оцінки рівня техногенного навантаження регіонів України з урахуванням впливу критичної транспортної інфраструктури.

Об'єктом дослідження є процес формування та зміни загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів держави.

Предметом дослідження є методи і засоби оцінки впливу природних і техногенних загроз і ризиків на стан екологічної безпеки регіонів держави.

Методи дослідження. У дисертації застосовувався комплекс аналітичних, експертних, числових і геоінформаційних методів, зокрема: системний аналіз для оцінки основних чинників формування загроз екологічній безпеці; методи теорії надійності, статистичні методи аналізу даних при проведенні оцінки рівня безпеки основних об'єктів захисту регіонів України; геоінформаційний аналіз при вирішенні задач оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури регіонів; методи теорії ймовірності та аналізу ризиків при проведенні оцінок ризику екологічній безпеці регіонів та узагальненні результатів; метод експертного оцінювання при визначенні індикаторів стану екологічної безпеки регіонів; геоінформаційний метод представлення та відображення інформації при розробці програмних засобів оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури.

Наукова новизна одержаних результатів:

- удосконалено метод оцінки рівнів безпеки регіонів держави в частині застосування теорії надійності для аналізу функцій безпеки; встановлено, що траєкторія зміни функції безпеки в часі для основних об'єктів захисту регіону має форму гіперболи; проведено порівняльний аналіз рівня екологічної безпеки регіонів України;

- вперше визначено характер і швидкість зміни функцій безпеки для об'єктів захисту регіонів України на основі розрахунку динаміки зміни значень функції безпеки в часі; встановлено, що залежність між швидкістю зміни функцій безпеки та рівнем безпеки регіонів має обернено пропорційний характер; проведено групування та ранжирування регіонів держави за рівнем швидкості зміни функцій безпеки;

- розроблено новий метод комплексної оцінки ризику екологічній безпеці регіонів, що враховує збитки від реалізації загроз для основних об'єктів захисту; встановлено, що найбільший внесок в загальний ризик екологічній безпеці регіонів формує ризик втрати та ушкодження довкілля; проведено групування регіонів за рівнем загального ризику екологічній безпеці;

- розроблено новий метод оцінки загроз інженерно-геологічного походження для безпеки об'єктів критичної транспортної інфраструктури регіонів; встановлено, що переважаючий вплив на їх безпеку здійснюють процеси регіонального підтоплення земель, в зонах активізації яких функціонує до 19,8% магістральних залізничних шляхів і 21,5% магістральних газопроводів; здійснено ранжирування регіонів за видами і рівнями загроз для безпеки їх критичної транспортної інфраструктури;

- здійснено програмну реалізацію методу оцінки загроз безпеці об'єктам критичної транспортної інфраструктури регіонів з використанням технологій геоінформаційних систем; розроблено і реалізовано графічний інтерфейс користувача, що забезпечує виконання послідовності дій з вибору регіону для дослідження, вибору об'єкта критичної транспортної інфраструктури, вибору небезпечного екзогенного геологічного процесу, виводу результатів оцінки;

- розроблено алгоритм взаємодії програмних засобів оцінки загроз безпеці об'єктів транспортної інфраструктури регіонів держави з інформаційними ресурсами геоінформаційної складової, базами даних потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних екзогенних геологічних

процесів, що визначає послідовність виконання процесів оцінки, виводу та аналізу результатів;

- удосконалено і адаптовано методи, засоби і технології геоінформаційних систем для аналізу загроз від індивідуального та спільного впливу регіональної активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на безпеку просторово розповсюджених у складних природно-техногенних умовах міжнародних транспортних коридорів, магістральних автошляхів і газопроводів;

- розроблено новий метод оцінки стану екологічної безпеки регіонів, визначено систему індикаторів, що адекватно характеризують тенденції та характер змін основних ризиків і загроз природного і техногенного походження в регіонах України; встановлено, що загрози природного походження здійснюють визначальний вплив на стан екологічної безпеки більшості регіонів держави;

- розроблено нову методику оцінки рівня техногенного навантаження регіонів України з урахуванням щільності об'єктів критичної інфраструктури; встановлено, що на рівень геопросторового розподілу техногенного навантаження регіонів переважаючий вплив генерують магістральні залізничні шляхи, мостові комплекси та магістральні електромережі; проведено еколого-техногенне ранжирування регіонів України за рівнем техногенного навантаження.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено методи оцінки рівня безпеки регіонів держави, що забезпечують підвищення обґрунтованості оцінок екологічного та ресурсного потенціалу регіонів України, можливість їх ранжирування за рівнем безпеки основних об'єктів захисту.

Розроблено методи оцінки загроз від індивідуального та спільного впливу активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на безпеку об'єктів критичної транспортної інфраструктури регіонів України. Визначено просторову уразливість магістральних газопроводів, залізничних шляхів,

електромереж, міжнародних транспортних коридорів, що перебувають в зонах регіонального прояву інженерно-геологічних загроз і формують ризики виникнення надзвичайних ситуацій.

Розроблено програмні засоби оцінки загроз безпеці об'єктів критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні з використанням технологій геоінформаційних систем. Реалізовано засоби функціональної взаємодії програмних засобів з інформаційними ресурсами геоінформаційної складової, баз даних потенційно небезпечних об'єктів і критичної транспортної інфраструктури.

Розроблено графічний інтерфейс користувача, що забезпечує виконання послідовності дій оператора з оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури: вибору регіону для дослідження, вибору типу критичної транспортної інфраструктури, вибору типу загрози, виводу результатів оцінки. Результати роботи розроблених програмних засобів надаються у вихідних формах на електронних і паперових носіях у картографічному, табличному і текстовому вигляді. Створено бази даних електронних карт прояву актуальних загроз інженерно-геологічного походження та їх впливу на безпеку експлуатації магістральних залізничних шляхів і газопроводів в регіонах України.

Визначено комплекс індикаторів стану екологічної безпеки регіонів держави та розроблено методологію оцінки загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів, що забезпечує їх ранжирування за інтегральним показником та прийняття обґрунтованих рішень щодо зниження ризиків екологічній безпеці регіонів держави.

Результати роботи впроваджено у Національному інституті стратегічних досліджень, Державній службі України з надзвичайних ситуацій, Державній екологічній академії післядипломної освіти Міністерства екології та природних ресурсів України.

Особистий внесок здобувача. Автором дисертаційної роботи визначено мету і задачі досліджень, здійснено пошук їх рішень, проведено теоретичні і

практичні дослідження. Основні результати теоретичних і практичних досліджень, що представлені в дисертаційній роботі, видано в наукових працях, наведених у списку публікацій. Зокрема автором дисертації було особисто:

- досліджено тенденції і характер змін основних природних і техногенних загроз і визначено їх вплив на стан екологічної безпеки регіонів України [23, 17, 86, 95, 222];
- вивчено характер впливу надзвичайних ситуацій різного походження на формування ризиків екологічній безпеці регіонів держави [150, 184, 97, 81];
- визначено передумови використання інформаційних технологій для аналізу загроз і ризиків екологічній безпеці [20, 94, 75, 190];
- проведено оцінку рівня безпеки основних об'єктів захисту регіонів держави в умовах прояву природних і техногенних загроз [98, 74, 85, 90, 92];
- розроблено нові методи оцінки актуальних загроз безпеці експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури за критерієм їх розташування у зонах просторово-часового прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів [93, 76, 78, 220, 82];
- розроблено і практично реалізовано програмні засоби комплексної оцінки природних і техногенних загроз і ризиків з використанням технологій геоінформаційних систем [79, 77, 219, 310, 80];
- визначено динаміку змінювання ризиків від надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження та їх вплив на екологічну безпеку регіонів України [19, 192, 88, 70, 194];
- розроблено моделі оцінки рівня техногенного навантаження та здійснено ранжирування регіонів України за його рівнем [193, 96, 221, 84];
- розроблено методологію оцінки рівня екологічної безпеки регіонів держави з використанням запропонованої системи індикаторів [94, 91, 103, 107];
- здійснено практичне відпрацювання розроблених методів і засобів оцінки загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів України на конкретних прикладах [18, 106, 309, 87, 89].

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались і обговорювались на наукових конференціях, симпозіумах, нарадах і семінарах: Міжнародній науково-практичній конференції «Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища» (м. Київ, 2008 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Просторовий аналіз техногенних і природних ризиків в Україні» (м. Київ, 2009 р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Математичні моделі і методи оптимізації та інформаційно-телекомунікаційно-моніторингові технології в задачах підвищення ефективності соціо-еколого-економічних систем» (м. Київ, 2011 р.), Міжнародному форумі «Державно-приватне партнерство у сфері скорочення ризиків – основа конкурентоспроможності країни у XXI столітті» (м. Київ, 2011 р.), XI Міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (м. Київ, 2012 р.), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» (с. Рибаче, АР Крим, 2012 р.), 12th International HCN and Pesticides Forum (2013, Kiev, Ukraine), Науково-практичній конференції «Проблеми техногенно-екологічної безпеки на території Калуського гірничопромислового району» (м. Калуш, 2013 р.), 12th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects (Kiev, Ukraine, 2013), Міжнародній науково-практичній конференції «Концепція захисту критичної інфраструктури: стан, проблеми та перспективи її впровадження в Україні» (м. Вишгород, 2013 р.), Другій міжнародній науково-практичній конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (м. Трускавець, 2015 р.), Науково-практичній конференції «Перспективи відновлення Сходу України на засадах збалансованого розвитку» (м. Слов'янськ, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури» (м. Київ, 2015 р.), науково-виробничих нарадах МНС України, на засіданнях

вченої ради Інституту проблем національної безпеки при РНБОУ та Національного інституту стратегічних досліджень (2007 – 2016 рр.).

Перелік публікацій за темою дисертації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 47 наукових праць, у тому числі 2 монографії, 28 статей у наукових фахових виданнях з напрямку, з якого підготовлено дисертацію, з них 6 статей у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз та 3 статті у виданнях іноземних держав; 11 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій та 6 статей у інших наукових виданнях України.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 323 сторінки, з них текст дисертації без додатків – 258 сторінок, 70 рисунків і 28 таблиць, список використаних джерел з 310 назв, наданих на 33 сторінках і додатків на 32 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ РЕГІОНІВ

1.1 Аналіз літератури з проблематики оцінки ризиків екологічній безпеці

Останнім часом підходи до оцінки ризиків в екологічній сфері розглядаються як вітчизняними так і зарубіжними науковцями, широко використовуються в документах міжнародних організацій включаючи ООН, Світовий банк, керівництва ЄС.

В роботі [125] ризик розглядається як частота реалізації загрози, в той час як саме загроза є природним чи техногенним явищем, при якому можлива поява процесів, здатних уражати людей, завдавати матеріальних збитків, руйнувати довкілля.

У роботах [104, 108] ризик визначається як прогнозована векторна величина збитку, що може виникнути внаслідок ухвалення рішень в умовах невизначеності та реалізації загрози. При цьому ризик є кількісною мірою небезпеки, що дорівнює добутку ймовірності реалізації даної загрози на ймовірність величини можливого збитку від неї.

У праці [38] розглядається методологія дослідження природно-техногенної безпеки, включаючи витання стратегічних ризиків, особливості моделювання. На цій основі проводиться аналіз та оцінка потенційних небезпек виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, їх динаміка, фактори і структура транскордонних небезпек, а також оцінка рівня комплексної природно-техногенної небезпеки регіонів.

В роботі [244] пропонується використовувати апарат імовірнісного аналізу безпеки, заснований на моделюванні небезпек і сценарному підході. При цьому вважається, що при оцінці ризиків техногенного походження статистичний аналіз попереднього досвіду не цілком прийнятний. Дана

методологія почала інтенсивно розвиватися з середини першого десятиліття ХХІ століття завдяки широкому застосуванню в МАГАТЕ при розробці міжнародних стандартів у галузі аналізу ризиків і забезпечення техногенної безпеки.

У публікаціях [245-249] наводиться обґрунтування детермінованих і стохастичних математичних моделей, що застосовуються в екологічних дослідженнях.

В роботі [250] техногенний ризик розглядається як математичне очікування збитку від реалізації ініційованих подій, при цьому ймовірність події і значення збитку приймаються як випадкові незалежні або залежні величини. Як вказує автор роботи, для визначення значень ймовірностей вихідних подій відмов, аварій і катастроф застосовуються різноманітні логіко-імовірнісні моделі на основі методів побудови «дерев відмов» та «дерев подій», схем функціональної цілісності, загального логіко-імовірнісного, топологічного, логіко-графічних і інших методів.

Стохастичний підхід до екологічних досліджень представлений в монографії [251]. Серед імовірнісних методів знаходження невизначеності при оцінці ризику використовується моделювання методом Монте-Карло, аналіз чутливості, інтервальний аналіз, якісне моделювання, мережі довіри Байєса, інформаційний критерій Айкаіка, імовірнісний аналіз меж, теорія інформаційного дефіциту і ієрархічні методи Байєса [252]. Чи не імовірнісні підходи до оцінки ризику описані в роботі [253].

В роботі [254] під ризиком розуміється очікуваний збиток, а облік індивідуального сприйняття ризику здійснюється шляхом введення коригуючого множника. Детальний огляд різних імовірнісних розподілів, що застосовуються при аналізі ризиків, адаптований до теоретичних положень роботи [255], наведено в роботі [256]. Опис основних екологічних моделей, що застосовуються при оцінках ризиків, наводяться в [257].

При оцінці ризиків широко застосовуються моделі поведінки розглянутих систем, проте слід завжди враховувати, що моделі не завжди

коректно описують системи, що може призвести до виникнення помилок при визначенні ризиків. Тому в роботі [258] наголошується на необхідності дотримання вимоги робастності моделей, особливо в разі застосування попереджувального принципу.

У статті [259] досліджується процес розвитку методів оцінювання екологічного ризику в США. Згідно [260], екологічний ризик визначається як шанс в імовірнісному сенсі виникнення події з негативними наслідками протягом обумовленого проміжку часу. Автори роботи акцентують увагу на різну природу поняття ймовірності, що використовується при оцінці екологічного ризику і може розглядатися як математична міра невизначеності і суб'єктивний рівень ступеня довіри. В *Encyclopedia of Life Support Systems* розрізняють декілька типів екологічного ризику, що включають малоімовірні події з серйозними наслідками, події з незначними наслідками, що часто зустрічаються, а також середньо ймовірні події із середніми наслідками [261].

В роботі [262] оцінка екологічного ризику здійснюється з урахуванням того, що несприятливі екологічні ефекти можуть мати місце як результат впливу одного або декількох стрес-факторів. У спрощеному варіанті оцінки екологічного ризику, що здійснюється у [263, 264], його мірою вважається відношення рівня концентрації до токсичності.

У праці [265] ризик розглядається як подія або група споріднених випадкових подій, що завдають шкоди об'єкту, що володіє даними ризиком. В той же час екологічним ризиком вважається ймовірність настання цивільної відповідальності за нанесення шкоди довкіллю, а також життю та здоров'ю третіх осіб. В цій роботі заподіяння шкоди життю і здоров'ю третіх осіб розглядається як результат шкідливого впливу факторів виробничого діяльності на населення, що виражається у зростанні рівня захворюваності та смертності. Для кількісних оцінок рівня екологічного ризику застосовуються статистичні характеристики (математичне сподівання, медіана, квантиль тощо) імовірнісних розподілів відповідних випадкових величин.

В роботі [266] ризик розглядається як відповідальність за рішення, прийняті в умовах невизначеності. При цьому мірою ризику вважається добуток ймовірності реалізації аварії і ймовірного відносного збитку, що трактується як математичне очікування збитку. Ймовірність аварії визначається на основі аналізу експлуатації об'єкта чи технічної системи і обробки статистичних даних про попередні аварії, а ймовірний відносний збиток визначається на основі моделювання аварійної ситуації. Оцінка збитку при загибелі людей виконується із врахуванням вартості життя, вираженої в грошових одиницях, а сама проблема оцінки вартості життя розглядається в роботі [267].

Згідно [268], ризик є кількісною мірою небезпеки з урахуванням її наслідків. Наслідки прояву небезпеки приносять шкоду, що може мати економічний, соціальний, екологічний вимір. Крім того, ризик буде тим більше, чим більша ймовірність прояву відповідної небезпеки. Тому авторами роботи ризик може бути визначений як добуток імовірності небезпеки аналізованого події або процесу на розмір очікуваних збитків. Таким чином, поняття ризик в роботі [268] об'єднує ймовірність небезпеки і збиток, а оцінка ризику повинна бути двовимірною. На думку авторів роботи, при визначенні наслідків мають враховуватися різні види соціального, екологічного, економічного, морального збитку, оскільки різні заходи шкоди мають різну розмірність. Екологічні збитки визначаються негативними наслідками небезпечних подій і процесів, що викликають погіршення стану довкілля. Економічні збитки характеризуються грошовим виразом негативних наслідків небезпечних подій, явищ і процесів.

У монографії екологічний ризик [269] пропонується розглядати як ймовірність отримання певного збитку в наслідок прояви фактора екологічної небезпеки або їх сукупності по відношенню до конкретного об'єкта оцінки. Проте, далі автор під ризиком розуміє середній збиток як вартісне вираження шкоди, що завдається навколишньому середовищу або окремих її компонентів, проявом природних або антропогенних факторів

екологічної небезпеки за певний проміжок часу по відношенню до конкретного об'єкта оцінки. При цьому шкода довкіллю в [269] розглядається як негативна зміна якості навколишнього середовища або окремих її компонентів, викликане проявом природних або антропогенних факторів екологічної небезпеки, виражене натуральними показниками. Разом з тим, у ряді випадків шкода навколишньому середовищу не може бути оцінена в вартісних одиницях, особливо якщо це стосується втрати стійкості біоценозів або якщо наслідки несприятливих впливів можуть позначитися в майбутньому.

У звіті [270] екологічний ризик представлений як добуток наслідків та міри можливості їх виникнення, що призводить до виникнення значень, що ускладнюють процес прийняття управлінських рішень. В роботі [271] обґрунтовано необхідність проведення ймовірнісної оцінки екологічного ризику замість детермінованих оцінок, заснованих на порівнянні прогнозованої або виміряної концентрації впливу хімічних речовин і концентрації, оскільки вона не враховує мінливість концентрацій у часі і просторі, так само як і чутливість об'єктів впливу. Автори вважають більш реалістичною ймовірнісну оцінку екологічного ризику і акцентують відмінність між мінливістю, обумовленою випадковим характером змінних і невизначеністю, причиною який є помилки, викликані неточністю вимірювань.

У роботі [272] ризик розглядається як статистичне поняття, що визначається як очікувана частота або ймовірність небажаних ефектів, що виникають від впливу даної небезпеки. У кількісному відношенні ризик виражається в величинах, що коливаються від нуля (відсутність шкоди) до одиниці (коли є збитки). При цьому екологічний ризик розуміється як вірогідність розвитку несприятливих ефектів, обумовлених впливом факторів навколишнього середовища.

У трактуванні [274] по відношенню до здоров'я людини ризик розглядається як ймовірність того, що в якийсь час індивід або група людей,

тварин або екосистем на відповідній території отримують несприятливі наслідки в результаті впливу деякої порції або концентрації небезпечного реагенту. При цьому ризик залежить від рівня токсичності реагенту і ступеня впливу.

Під ризиком здоров'ю людини в результаті катастрофи в роботі [275] розуміється небезпека, помножена на різницю між вразливістю і ресурсами, спрямованими на відшкодування шкоди. Для конкретних оцінок авторами пропонується система ранжирування наведених величин.

Оцінка екологічного ризику при розвитку вітрової енергетики в окремих штатах США аналізується в роботі [277]. Там розглядаються проблеми впливу вітрових установок на біорізноманіття з урахуванням взаємозалежних інтересів енергетичних компаній, населення і законодавчих обмежень.

Приклади застосування методології оцінки регіонального екологічного ризику розглянуто в праці [278]. Процедура оцінки ризику включала чотири етапи, що включають виявлення джерела ризику, виявлення об'єктів ризику, оцінка впливу на довкілля об'єктів ризику, оцінка ризику на основі результатів другого і третього етапів. Для кількісного визначення ризиків в роботі застосовувалися рангові оцінки згідно з офіційними директивами *United States Office of Science Technology and Policy*. Картографічне відображення розподілу ризиків виконувалося за допомогою геоінформаційної системи *ArcGIS 9.2*.

Методологія аналізу та управління ризиками широко застосовується в офіційних керівництвах агентств з охорони навколишнього середовища різних країн. Так, оцінка екологічного ризику на основі детермінованого підходу служить керівництвом Агентства з охорони навколишнього середовища США розглядається в [278]. У випадку достатньої кількості даних для оцінки ризику може бути застосований імовірнісний підхід з використанням розподілів впливу і виробленого ефекту.

За схожим принципом побудовані керівництво Європейського агентства з охорони навколишнього середовища (*European Environment Agency*) [279] і стандарт [280], де під ризиком розуміється поєднання ймовірності події та її

наслідків згідно [281]. Керівництво по проведенню оцінки екологічного ризику в штаті Огайо (США) з детальним описом всіх кроків і підготовленими формами для заповнення даними спостережень, розрахунків та аналізів, наводиться в [282]. Методологічною основою оцінки екологічного ризику служать директиви Агентства з охорони навколишнього середовища США 540-R-97-006 і EPA 630-R-95-002F.

У керівництві з оцінки екологічного ризику Канади [283] зазначено, що ймовірнісний підхід забезпечує точність і реалістичність оцінок, що недосяжні при застосуванні детермінованих методів, що дозволяє врахувати кумулятивний ефект множинних джерел невизначеності.

Згідно керівництва національного органу Ірландії, відповідального за забезпечення безпеки і здоров'я населення [284], міра ризику базується на оцінках ймовірності виникнення збитків, рівня небезпеки та ступеня впливу на здоров'я і числа людей, які можуть постраждати в результаті впливу фактора ризику. Відповідно до [284] оцінка ризику потенційних загроз є обов'язковою вимогою до роботодавців.

Автори керівництва [285] використовують поняття ризику як поєднання ймовірності або частоти виникнення деякої певної загрози і величини наслідків реалізації цієї загрози. У кількісному вираженні ризик розглядається як добуток ймовірності та розміру збитків, при цьому для ймовірності застосовується шкала від нуля до 5.

До недоліків традиційного підходу в роботі [286] відносять переважне спрямування оцінки ризику до одного або невеликого числа впливів агентів на обмежене число об'єктів. Запропонований авторами підхід оцінки екологічного ризику регіонального масштабу (*Regional-Scale Risk Assessment*) орієнтований на великі території зі значним числом джерел впливу і багато чисельними об'єктами впливу. Даний підхід базується на моделі відносного ризику. Основна відмінність запропонованого підходу полягає в побудові узагальненої карти регіону з урахуванням характеристик біоресурсів та економічних інтересів освоєння регіону різними техногенними системами з

подальшим виділенням однорідних зон і побудовою концептуальної моделі регіону. Концептуальна модель будується кожен раз виходячи з особливостей ситуації в регіоні. При цьому відносні ризики обчислюються за детермінованою методом на основі використання систем рангових оцінок.

Розробка методології оцінки екологічного ризику пов'язана з рядом труднощів фундаментального характеру. Так, робота [287] присвячена проблемам визначення поняття популяції, вимірюваних характеристик популяції, виявлення і масштабування впливів на популяції в аспекті оцінки екологічного ризику. До перспективних напрямків досліджень в роботі [287] відносяться розвиток прогностичних популяційних моделей, оцінка впливу множинних джерел, розвиток підходів обліку просторової і тимчасової мінливості привнесених чинників впливу для уточнення масштабів оцінки ризику і розвиток підходів до визначення екологічної значимості впливів на популяції та екологічні індикатори.

В роботі [288] акцентується увага на необхідності вивчення всієї сукупності взаємозв'язків чинників, що визначають умови ареалів біоценозів як основного чинника формування ймовірностей негативного впливу агресивних біологічних видів. При цьому особливу увагу необхідно приділяти змінам гідрометеорологічних умов.

До іншої проблеми оцінки екологічного ризику відноситься конкретизація об'єкта ризику. В роботі [289] зазначено, що зазвичай під об'єктами екологічного ризику розуміють ту чи іншу біологічну компоненту навколишнього середовища поза сферою діяльності людини, однак залишається складним вибір екологічної системи для характеристики змін стану біосфери. Автори наголошують на формуванні проблеми цільової аудиторії, на яку орієнтована оцінка ризику.

Агентство з охорони навколишнього середовища США опублікувало звіт [290], де було надано аналіз діяльності з оцінки екологічних ризиків і визначено шляхи розвитку методологічної бази. У даній роботі зазначено, що розвиток практики оцінювання екологічних ризиків відбуватиметься шляхом

удосконалення методів та інструментарію в напрямку більш повного охоплення фізичних, біологічних і соціально-економічних аспектів розглянутих проблем для прийняття більш обґрунтованих рішень. Особлива увага наголошено на питаннях просторової і тимчасової деталізації, обліку складності біологічних систем і реакції довкілля на вплив одиничних або множинних джерел загроз.

В роботі [290] наголошується, що розвиток управління екологічними ризиками передбачає залучення широких верств громадськості, бізнесу, проведення діалогу між спеціалістами з оцінки ризику, ризик-менеджерами і зацікавленими сторонами. При цьому ухвалення управлінських рішень на локальному або регіональному рівнях має проводитися з урахуванням узгодження суспільних інтересів, економічних потреб і екологічних ризиків, а для комплексних оцінок ризику необхідна попередня наукова експертиза вже на стадії постановки завдання. Особливу увагу необхідно приділяти обліку невизначеностей, властивих екологічній та іншій інформації при оцінці ризиків. Агентство рекомендує ітераційні підходи як засіб мінімізації невизначеності. У [290] сформульована вимога щодо проведення аналізу прийнятих рішень для контролю адекватності виданих рекомендацій і окреслено необхідність проведення моніторингових спостережень і досліджень як основи для оцінок екологічного ризику. В роботі акцентується увага, що застосування апарату теорії ймовірностей дозволяє успішно вирішувати проблеми обліку невизначеностей. У випадках, коли даних недостатньо, варто використовувати метод Монте-Карло або обґрунтовано обраних теоретичних розподілів Пуассона, Гауса та ін. Однак, імовірнісна термінологія і статистичні поняття часто бувають погано сприймаються нефахівцями, що накладає додаткові вимоги до інтерпретації результатів. Про необхідність розвитку статистично обґрунтованих методів оцінки екологічних ризиків згадується в роботі [291].

У праці [292] відзначено важливу тенденцію в розвитку методології оцінки екологічного ризику, а саме тенденцію до інтеграції методів і підходів

до оцінки ризику. У сферу інтеграції потрапляють розширення аналізу взаємозв'язків впливів і виробленого ефекту, спільний розгляд шкоди здоров'ю людини і негативних наслідків для екосистем, залучення інженерних ризиків, що в ряді випадків можуть відігравати домінуючу роль при виникненні екологічних ризиків.

У звіті Європейської комісії [294] сформульовано основні проблеми та шляхи розвитку методів оцінювання ризиків. Головний недолік існуючих підходів полягає в невисокому ступені реалістичності методів і моделей оцінок ризику, що спричиняє значну невизначеність в оцінці наслідків різного роду впливів.

В роботі [296] вказується, що при дії біологічних джерел ризику необхідно враховувати кліматичні та географічні чинники. Очевидно, в сучасних умовах гідрометеорологічні та географічні чинники надзвичайно важливі для багатьох видів впливів, оскільки вони можуть значно посилювати ефект антропогенного впливу, а в ряді випадків можуть бути джерелом виникнення екологічних катастроф, на кшталт аварії на атомній станції Фукусіма внаслідок цунамі.

RAND Corporation при дослідженні оцінки ризиків для оборонного потенціалу США використовує дві величини [297]: ймовірність майбутньої загрози і ступінь впливу на стан оборони США. При цьому для будь-якої стратегії дій ризик піддатися впливу природної катастрофи як ймовірної події з фіксованими наслідками є однаковим.

У статті [298] наголошено, що кліматичний стан впливає на ступінь ризику розвитку епідемій, причому посушливість і пере зволоженість по-різному проявляється в різних районах Китаю. Клімат як екологічний фактор ризику розглядається в роботі [299], де запропоновано підхід до оцінки ризику впливу потепління клімату на структури екологічних спільнот і окремих видів для більш глибокого розуміння екологічних проблем, пов'язаних зі змінами клімату.

В [300] зазначено, що за минуле століття температура повітря в Нідерландах збільшувалася відповідно до загальносвітових тенденцій, за виключенням останніх десятиліть, коли зростання температури в півтора рази перевищило зростання середньосвітової температури. Цей ефект обумовлений змінами домінуючих напрямків вітру. Число холодних днів зменшилося, а число днів з високою температурою зросло, зокрема, в період з 1975 р. намітився тренд збільшення середньорічної кількості опадів, причому збільшилася кількість випадків інтенсивних опадів. В даній роботі наголошується, що кліматичні зміни позначилися на стані довкілля Нідерландів шляхом збільшення міграції рослин і тварин в північному напрямку, виникнення порушень трофічних ланцюжків. Зниження витрати рейнської води привели до засолення території за рахунок надходження морської води, що негативно позначилося на плантаціях дерев в центральній частині країни, не пристосованих до підвищеної солоності. Кліматичні зміни торкнулися і системи водного транспорту всередині країни, а також діяльності енергетичних компаній. Автори [300] наголошують, що кліматичні зміни виступають вагомими чинниками екологічного ризику, що вимагає ретельного аналізу для прийняття адаптаційних заходів.

Соціалізація процедури оцінювання екологічних ризиків в якості базового принципу ООН [301] призвела до появи нових методів, призначених для залучення широких верств населення до процесів екологічних оцінок. В роботі [302] пропонується оцінювати екологічні ризики із застосуванням теорії Демпстера-Шафера, заснованої на використанні функції довіри і функції правдоподібності [303].

У звіті Європейської комісії [304] розглянуто проблему використання результатів оцінок ризику при прийнятті рішень в процесах управління бізнесом і територіями. У висновках звіту наголошується на необхідності підвищення релевантності оцінок екологічного ризику щодо політиків і менеджерів різного рівня, що може бути досягнуто шляхом розширення

діалогу між зацікавленими сторонами через включення аналізу користі або вартості в процес оцінки ризику.

Аналогічна проблема виникає в разі порівняння впливів на різні об'єкти ризику, наприклад, на людину і на екосистеми, що часто бувають несумісні. Для усунення протиріч в працях [305, 306] пропонується ввести поняття переваги в якості додаткового критерію, що обумовлює необхідність інтеграції оцінки ризику з економічним аналізом. В останній роботі застосовується ранжирування ступеня тяжкості наслідків, а також ймовірностей виникнення загрози за високим, середнім і незначним рівнем. При цьому треба враховувати, що очікуваний збиток може бути однаковим як для рідкісних подій з великими втратами так і для частих подій з відносно невеликими втратами.

Персональне ставлення до ризиків є предметом спеціальних теоретичних досліджень в рамках нової екологічної парадигми, що розглядаються в [307, 308]. В даний час парадигма оцінки та управління ризиками стала загальноприйнятою нормою в світі, включаючи використання теоретичних концепцій і методів при оцінці екологічних ризиків на регіональному рівні. В багатьох публікаціях відмічається, що принципова різниця в методологічних підходах до оцінки ризику полягає в трактуванні ризику як детермінованої (коли визначається розмір очікуваного збитку) або випадкової величини (визначається імовірнісний розподіл ступеня збитків).

Імовірнісний підхід до оцінки ризику найкращим чином забезпечує обґрунтованість оцінок, що недосяжні для детермінованих методів і дозволяє врахувати кумулятивний ефект численних джерел невизначеності. Однак застосування імовірнісного підходу вимагає додаткових знань і даних. В цілому оцінка екологічних ризиків істотно обмежується браком знань щодо впливів на об'єкти ризику в частині оцінки відділених негативних наслідків реалізації загроз, тому потрібний системний підхід до збору даних, розвиток системи екологічного моніторингу та розробка більш якісних моделей функціонування екологічних систем. В сучасних умовах вплив наслідків

глобальних змін клімату стає надзвичайно важливим для комплексної оцінки ризиків при врахуванні різних видів впливів на навколишнє середовище, оскільки вказані чинники значно впливають на зростання загроз інженерно-геологічного походження для безпеки об'єктів критичної транспортної інфраструктури держави.

1.2 Аналіз основних чинників формування загроз екологічній безпеці у природному середовищі

Сучасні екологічні проблеми України значною мірою зумовлені тим, що протягом радянського періоду розвитку її територія була однією з найбільш техногенно-навантажених. Так, займаючи лише 3 % території колишнього Радянського Союзу, Україна формувала до 23 % загального ВВП, що в цілому призвело до значних регіональних змін ландшафтів, поверхневого стоку, верхньої зони геологічного середовища та суттєвого погіршення якості основних життєзабезпечуючих ресурсів [51, 56].

В довгостроковому плані стан навколишнього середовища в державі характеризується аномальним рівнем техногенних навантажень на земельні, водні, біотичні, мінерально-сировинні ресурси, а також зростаючим впливом наслідків глобальних змін клімату включаючи потепління, збільшення інтенсивності опадів та ін. Активний прояв техногенезу також пов'язаний з високим рівнем урбанізації території України, за якого загальна площа міст і селищ становить 19 тис. км² або 3 % площі території держави із зосередженням в них близько 70 % населення [109, 137].

Нині формування ВВП в країні відбувається значною мірою за рахунок функціонування значної кількості енерговитратних і ресурсоємних гірничодобувних, хімічних, металургійних та інших виробництв, що є найбільшими забруднювачами навколишнього середовища. В цілому це негативно впливає на стан навколишнього середовища і здоров'я населення держави. Істотні диспропорції у розміщенні продуктивних сил, що мали

місце упродовж тривалого часу, призвели до того, що в Україні техногенне навантаження на природне середовище у 4-5 разів перевищувало аналогічний показник розвинених країн. Надмірна концентрація промисловості та екстенсивний розвиток сільського господарства зумовили катастрофічне забруднення повітря, води та ґрунтів, а масштаби екологічних змін створили реальну загрозу здоров'ю громадян України. Протягом тривалого часу близько 60 % експортних надходжень держави забезпечувалося на основі видобутку та переробки мінерально-сировинних ресурсів. А це призвело до утворення великої кількості відходів, викидів забруднюючих речовин у повітря і скидів у поверхневі водні об'єкти (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (*тис. т*) [52]

Параметр	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Викиди забруднюючих речовин - всього	6678,0	6877,3	6821,1	6719,8	5186,6
стаціонарні джерела	4131,6	4374,6	4335,3	4295,1	3190,4
пересувні джерела	2546,4	2502,7	2485,8	2424,7	1996,2
Крім того, викиди діоксиду вуглецю - всього	198230,7	235971,3	231997,3	230706,1	180932,5
стаціонарні джерела	165041,8	202222,0	198175,1	197618,0	153119,4
пересувні джерела	33188,9	33749,3	33822,2	33088,1	27813,1

У сумарній кількості забруднюючих речовин викиди метану й оксиду азоту, які належать до парникових газів, становили відповідно 853,0 та 8,9 тис. т. Крім цих речовин, в атмосферу в 2014 р. стаціонарними та пересувними джерелами було викинуто 180,9 млн т діоксиду вуглецю, що також впливає на зміну клімату [52, 136].

Близько 62 % небезпечних речовин, що потрапили у повітря, припало на стаціонарні джерела забруднення промислових підприємств. Від них в атмосферу надійшло 4,1 млн т забруднюючих речовин, що на 0,2 млн (на 5,2 %) більше, ніж у 2009 р (рис. 1.1).

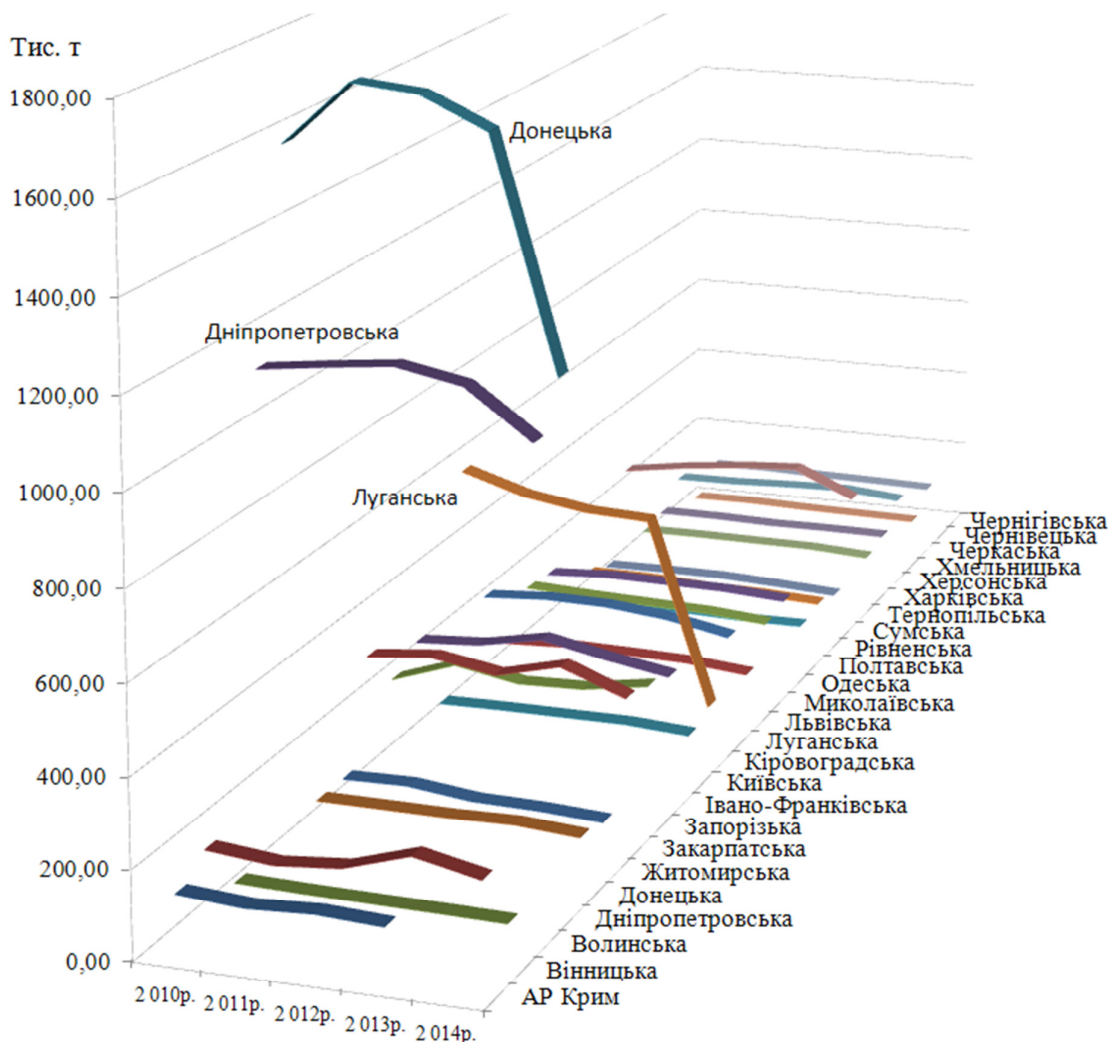


Рис. 1.1 – Викиди в атмосферне повітря в регіонах України

Порівняно з рівнем 2010 р. збільшилися викиди в атмосферу в 17 регіонах країни [45, 46], але найсуттєвіше – в Автономній Республіці Крим (на 6,0 тис. т, або на 22,7 %), Рівненській (на 3,0 тис. т, або на 29,7 %), Запорізькій (на 36,7 тис. т, або на 20,3 %), Дніпропетровській (на 141,0 тис. т, або на 17,8 %), Тернопільській (на 2,2 тис. т, або на 13,6 %), Одеській (на 3,3 тис. т, або на 12,7 %) областях (рис. 1.1). Основними токсичними інгредієнтами, якими забруднювалося повітря під час експлуатації транспортних засобів і виробничої техніки, були оксид вуглецю (1888,1 тис. т, або 74,1 %), діоксид азоту (293,2 тис. т, або 11,5 %), неметанові леткі органічні сполуки (293,3 тис. т, або 11,5 %), сажа (32,4 тис. т, або 1,3 %), діоксид сірки

(28,9 тис. т, або 1,1 %). Решту викидів склали оксид азоту, метан, бензапірен та аміак [45, 136].

Для повнішої оцінки впливу досліджено залежність між обсягом ВРП і викидами в атмосферне повітря для регіонів України (рис. 1.2).

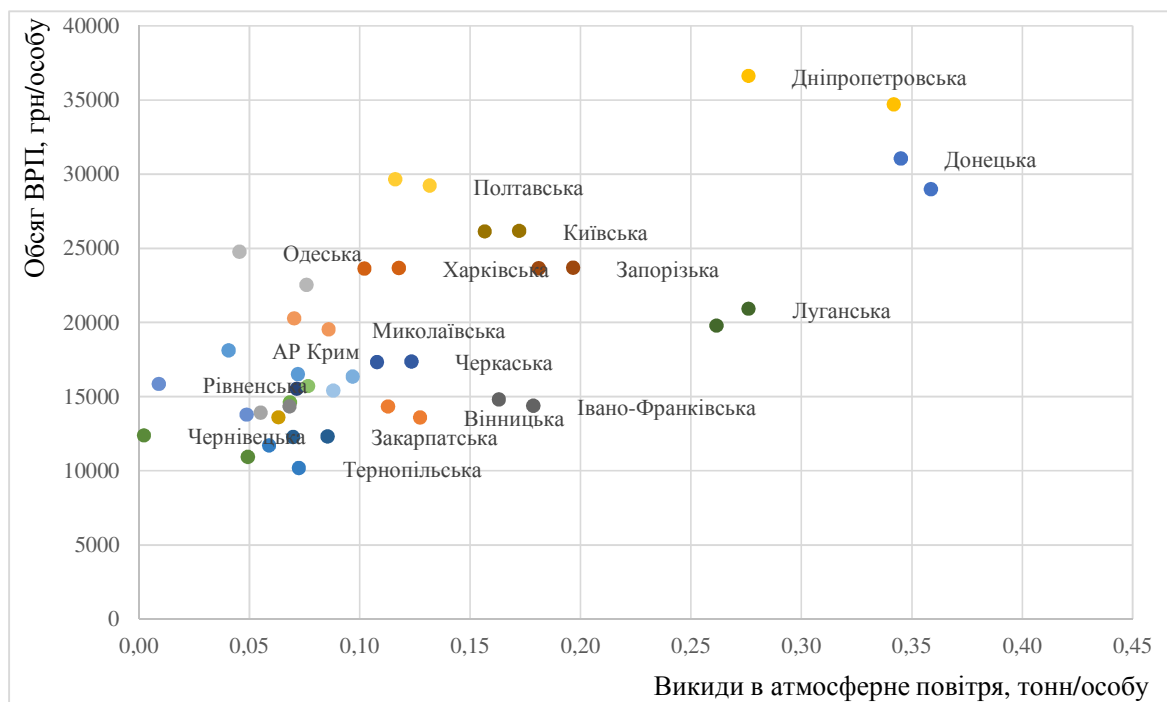


Рис. 1.2 – Залежність між обсягом ВРП і викидами в атмосферне повітря на рівні регіонів України

Результати аналізу даних рис. 1.1 підтверджують зв'язок між рівнем ВРП промислово розвинених регіонів держави та викидами в атмосферу, який полягає в тому, що зростання рівня ВРП супроводжується також відповідним збільшенням викидів в атмосферне повітря. Така тенденція проявляється насамперед у Дніпропетровській, Донецькій, Луганській, Запорізькій, Київській областях.

Аналіз актуальних джерел загроз екологічній безпеці регіонів України засвідчив безпосередній зв'язок між рівнем ВРП і погіршенням стану довкілля, який полягає у тому, що зростання ВРП промислово розвинених і техногенно навантажених адміністративних областей супроводжується відповідним збільшенням кількості відходів та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Своєю чергою, це призводить до аномального

забруднення стратегічних природних ресурсів держави (земельних, водних, мінерально-сировинних, біотичних) й втрати їх відновлювальних властивостей.

За даними Державного агентства водних ресурсів у 2010 р. із природних водних об'єктів було забрано 14,8 млрд м³ води (13,9 млрд м³ прісної та 0,9 млрд м³ морської), що на 2,5 % більше порівняно з 2009 р. При транспортуванні втрачено 15 % (2,2 млрд м³) забраної води [46, 136].

Потреби промисловості задовольнялися також у спосіб залучення води в оборотні й повторно-послідовні системи, частка яких у загальному обсязі використання води на виробництво склала 89 %. За рахунок цього протягом 2010 р. зекономлено 43,1 млрд м³ свіжої води.

Скидання забруднених стоків і безповоротний водозабір негативно впливають на водні ресурси. Протягом 2014 р. у водойми скинуто 0,92 млрд м³ забруднених стоків, або 22,3 % від загального водовідведення у поверхневі водні об'єкти, що на 0,78 млрд м³ менше, ніж у 2013 р. [45, 137]. Майже 18 % забруднених зворотних вод (0,3 млрд м³) надійшли у водойми без будь-якого очищення, що на 15,6 % (на 42,0 млн м³) більше, ніж у 2009 р. Решта 82 % (1,4 млрд м³) надійшли у водойми недостатньо очищеними на очисних спорудах. Необхідно зазначити, що наявна потужність очисних споруд (7,4 млрд м³) дозволяла повністю очистити забруднені зворотні води.

Таблиця 1.3 – Скидання забруднених зворотних вод у поверхневі водні об'єкти за регіонами (млн. м³) [45]

Регіони України	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Україна	1744	1612	1521	1717	923
Автономна Республіка Крим	96	98	97	93	...
Вінницька	2	2	1	1	1
Волинська	4	1	1	1	1
Дніпропетровська	504	472	383	325	312
Донецька	550	554	558	507	296
Житомирська	6	3	3	3	3
Закарпатська	8	3	2	2	2
Запорізька	73	70	71	77	73
Івано-Франківська	15	5	1	1	1
Київська	14	5	4	3	2
Кіровоградська	24	7	5	5	4

Регіони України	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Луганська	96	87	101	142	30
Львівська	59	53	44	46	45
Миколаївська	29	26	26	25	24
Одеська	145	117	103	81	50
Полтавська	5	4	4	5	4
Рівненська	10	20	8	7	7
Сумська	20	7	22	27	20
Тернопільська	2	3	3	3	2
Харківська	14	14	13	12	12
Херсонська	2	7	2	2	1
Хмельницька	2	1	0	1	1
Черкаська	11	8	4	8	5
Чернівецька	7	5	2	2	3
Чернігівська	19	17	19	17	19

Поряд із цим у поверхневі водні об'єкти потрапило 1,8 млрд м³ нормативно очищених вод і 4,3 млрд м³ нормативно чистих вод без очищення [137].

Основними причинами скидання забруднених стоків у поверхневі водойми були нестача в більшості населених пунктів країни централізованого водовідведення, низька якість очищення зворотної води, незадовільний стан функціонуючих очисних споруд.

Значного техногенного навантаження в 2013 р. зазнали поверхневі водні об'єкти Автономної Республіки Крим (частка забруднених зворотних вод у загальному водовідведенні складала 41 %), Кіровоградської (50 %), Одеської (48 %), Дніпропетровської (40 %), Донецької (37 %), Сумської (34 %), Миколаївської (32 %) областей, м. Севастополя (49 %) [45, 136, 137].

За даними Центральної геофізичної обсерваторії МНС України водні об'єкти держави залишаються забрудненими переважно сполуками важких металів, амонійним і нітритним азотом, сульфатами. Випадки високих рівнів забруднень найчастіше фіксувалися в річках басейнів Західного Бугу, Дніпра, річок Приазов'я та Сіверського Дінця.

За даними Державного агентства земельних ресурсів України на початок 2011 р. земельний фонд України становив 60,4 млн га. Значна частка земельної площі (68,9 % або 41,6 млн га) – це сільськогосподарські угіддя, у структурі яких 78,1 % (32,5 млн га) припадає на рілля. При цьому рівень

сільськогосподарського освоєння території сягнув 72 %, а ступінь розораності земельної площі – 56 % [110, 161].

Важливим чинником підвищення продуктивності ґрунтів є їх удобрення. Під урожай 2010 р. сільськогосподарськими підприємствами країни було внесено 1061 тис. т мінеральних добрив (у перерахунку на 100 % поживних речовин), що на 19,6 % більше, ніж у попередньому році.

Мінеральні добрива були внесені на 70 % загальної посівної площі сільськогосподарських культур (12,6 млн га), що на 1,1 млн га більше, ніж 2009 р. [136]. Органічних добрив внесено 9,9 млн т (на 5,4 % менше, ніж у 2009 р.) на площі 406 тис. га посівів сільськогосподарських культур. При цьому на 1 га посівної площі сільськогосподарських культур у середньому було внесено по 58 кг мінеральних добрив (на 10 кг більше, ніж у 2009 р.) та 0,5 т органіки [46, 110].

Площа, на якій було проведено вапнування ґрунтів, зменшилася порівняно з 2009 р. на 14,6 тис. га (17 %), площа гіпсування зменшилася на 20,2 тис. га (82 %). За даними Центральної геофізичної обсерваторії України, найбільші забруднення ґрунтів цинком виявлені у ґрунтах Полтави. Досить високий вміст свинцю, цинку зафіксовано у ґрунтах міст Маріуполя, Костянтинівки Донецької області.

Недосконалі технології землеробства, екстенсивний характер сільськогосподарського виробництва без урахування енергоресурсоємності, збереження й відтворення родючості ґрунтів та охорони навколишнього природного середовища призвели до виснаження родючості аграрних земель та збіднення їх рухомими формами основних елементів живлення рослин.

Успадкований від часів СРСР складний стан земельних ресурсів України зумовлений тим, що із 58 млн га агроландшафтів 71 % використовується тим чи іншим видом господарської діяльності. При цьому із загальної площі земельних ресурсів 40 % відносяться до забруднених і 30 % до дуже забруднених земель. Ускладненню еколого-техногенного стану ґрунтів сприяє те, що розораність агроландшафтів становить близько 35 млн га і є найвищою

в Європі [50, 110]. Крім того, площі під луками майже втричі є меншими порівняно із середньоєвропейськими показниками, що знижує водозахисний потенціал ландшафтів.

Унаслідок інтенсивного обробітку водозбірних площ за останнє сторіччя знищено близько 15 тис. малих річок, що суттєво погіршило природне дренажування прилеглих земель і збільшило їх регіональне підтоплення. При цьому середнє замулення безстічних водойм становило близько 1,5 м, що знизило рівень запасів поверхневих вод на 3 млрд м³.

Оцінки еколого-техногенних змін земельних ресурсів свідчать, що в умовах їх територіальної та продуктивної вичерпаності втрати гумусу в низці регіонів держави можуть сягати рівня загроз продовольчій безпеці держави. Результати оцінки вмісту гумусу в ґрунтах України показують, що при збереженні сучасного рівня дії головних факторів дегуміфікації (ерозія, підтоплення, глобальні зміни клімату тощо) критичні значення рівня родючості земель можуть бути досягнуті уже 2030–2045 рр., а в окремих регіонах і раніше [2, 110].

Варто взяти до уваги загрозу можливого прискорення дегуміфікації ґрунтів унаслідок розвитку за останнє десятиріччя процесів вітрової та водної ерозії, що сприяють зростанню втрат гумусу (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Площі ураження орних земель території України впливом водної та вітрової ерозії [110]

Назва адміністративно-територіальних одиниць	Площа, тис. га станом на 01 січня відповідного року				
	1962	1982	1987	1990	2002
АР Крим	133,0	142,7	228,7	147,7	303,1
Вінницька	501,6	569,0	664,2	746,4	752,9
Волинська	78,9	122,6	136,2	128,0	129,1
Дніпропетровська	718,0	824,2	986,6	930,9	1026,8
Донецька	704,7	887,7	1252,9	988,9	1271,2
Житомирська	25,1	44,0	51,4	52,9	66,5
Закарпатська	12,5	35,1	141,6	36,6	37,2
Запорізька	548,1	608,6	635,6	645,8	769,8
Івано-Франківська	65,3	78,8	125,9	80,8	95,9

Назва адміністративно-територіальних одиниць	Площа, тис. га станом на 01 січня відповідного року				
	1962	1982	1987	1990	2002
Київська	113,3	128,1	168,4	142,0	172,8
Кіровоградська	653,3	787,4	987,0	915,0	1000,1
Луганська	747,1	884,2	1205,7	996,5	1195,3
Львівська	84,8	87,3	237,9	198,8	240,0
Миколаївська	612,2	664,2	835,6	700,9	903,0
Одеська	859,3	886,1	1163,9	936,3	1255,8
Полтавська	183,8	219,5	291,3	296,3	352,8
Рівненська	97,7	111,2	136,4	137,2	128,1
Сумська	158,4	193,1	275,5	236,0	291,0
Тернопільська	238,8	251,1	325,1	287,1	372,4
Харківська	615,7	762,8	999,4	836,3	1036,8
Херсонська	102,3	113,1	177,5	128,9	229,3
Хмельницька	413,2	443,0	510,9	498,8	574,4
Черкаська	234,4	284,5	359,0	301,7	360,5
Чернігівська	32,8	35,2	51,2	44,6	59,5
Чернівецька	58,6	127,6	208,0	140,3	205,1
Всього	7992,1	9291,1	12148,6	10914,7	12829,4

У випадку збереження негативних тенденцій зменшення концентрації гумусу в ґрунтах земельні ресурси держави майже втратять свою властивість головного засобу виробництва сільськогосподарської продукції як передумови продовольчої безпеки держави.

Техногенне забруднення ґрунтового покриву останніми роками пов'язане з наявністю різних джерел техногенних емісій забруднювачів, серед яких особливо виділяються промислові об'єкти (1,5 тис.), розгалужена транспортна система (понад 165 тис. км автомобільних доріг), склади і бази із запасами агрохімікатів, об'єкти з виробництва вибухових речовин та утилізації непридатних боєприпасів тощо. Екологічний ризик забруднення ґрунтів пов'язаний із використанням хімічних речовин за порушення правил внесення й зберігання туків, органічних добрив, пестицидів, утворення промислових і побутових відходів, різних видів незнезаражених стічних вод та їх осадів, що застосовуються як добрива, внесення відходів тваринництва, наявності на поверхні різних ґрунтів забруднювачів, що містяться у викидах в атмосферне повітря промислових підприємств і автотранспортних засобів, а також

радіонуклідів унаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС (за даними Мінприроди, забруднено понад 8,4 млн га земель, у т.ч. 3,5 млн га – орних), зберігання або постійного захоронення побутових і промислових відходів, порушення правил видобутку, транспортування та перероблення нафти й газу і розливання паливно-мастильних матеріалів.

Одним із головних чинників погіршення еколого-ресурсного стану земель в Україні є ерозія ґрунтів, економічні збитки від якої щорічно перевищують 9 млрд грн. Площа сільськогосподарських угідь, які зазнали згубного впливу водної ерозії, становить 13,3 млн га, у т.ч. 10,6 млн га орних земель, що складає 32 % від загальної площі цих угідь [46, 110]. У складі еродованих земель обліковується 4,5 млн га із середньо- та сильнозмитими ґрунтами, у т.ч. 68 тис. га тих, які повністю втратили гумусовий горизонт. Середньорічні втрати гумусу при цьому становлять 14 млн т, рухомого фосфору й обмінного калію – по 0,05 млн т.

З упевненістю можна стверджувати, що за умови збереження негативних тенденцій щодо зменшення концентрації гумусу в ґрунтах Північного Причорномор'я при зростаючому порушенні водно-сольового балансу внаслідок регіонального підтоплення й глобальних змін клімату виснаження земельних ресурсів і зниження їх екологічної стійкості прискорюватиметься.

У зоні Полісся близько половини деградованих і малопродуктивних земель становлять перезволожені й заболочені ґрунти – 252,2 тис. га, друге за площею місце займають ґрунти легкого гранулометричного складу – 130,8 тис. га. Значну площу займають болотні осушені ґрунти – 88,6 тис. га [136]. Близько 1,3 тис. га представлено солонцюватими ґрунтами, які зосереджені в лівобережній провінції.

З-поміж адміністративних областей найбільше деградованих і малопродуктивних орних земель у Запорізькій – 434,0 тис. га (22,9 % від ріллі обл.), Одеській – 376,5 (17,3), Донецькій – 323,3 (19,5), Херсонській – 345,0 (19,5) областях та Автономній Республіці Крим – 358,4 тис. га (29,8 %). За

питомою вагою деградованої і малопродуктивної ріллі виділяються поліські області: Рівненська – 32,0 % і Волинська – 20,6 %.

Одним із головних чинників еколого-техногенного впливу на земельні ресурси України є порушення водного балансу регіонів унаслідок гідротехнічного будівництва, що призвело до розповсюдження на значній частині території країни процесів підтоплення. Це викликає суттєві зміни гідрогеологічного режиму верхньої зони геологічного середовища, водно-сольового режиму земель і водного балансу території й, зрештою, призводить до погіршення умов виробничої діяльності та проживання людей. Станом на 01.01.2006 р. загальна підтоплена площа територій міст і селищ становила близько 200 тис. га, щорічні збитки, пов'язані із підтопленням, оцінюються в 10–12 тис. грн/га, а в цілому – близько 20–25 млрд грн [137, 139, 151].

За існуючими ресурсними оцінками Мінагрополітики та Мінприроди масштаби заходів із поліпшення земельних ресурсів в Україні є недостатніми і майже не відповідають рівню поширеності деградаційних процесів. Унаслідок цього землеробство країни перебуває в умовах гострого дефіциту елементів живлення рослин, зумовленого низьким рівнем внесення добрив. У сучасних умовах найбільш реальним й економічно вигідним способом істотного підвищення урожаїв сільськогосподарських культур та одержання при цьому якісної продукції є розроблення оптимальних систем внесення добрив на основі точної оцінки стану родючості ґрунтів.

Застосування мінеральних добрив в Україні, як і раніше, перебуває на низькому рівні. Останніми роками на 1 га ріллі вноситься лише до 19 кг/га діючої речовини мінеральних добрив, тоді як середньосвітовий показник становить 115 кг на 1 га ріллі [110].

Вміст гумусу в ґрунтах за сучасними оцінками вважається інтегральним показником їх родючості й еколого-захисного потенціалу. Порівняно з попереднім циклом обстеження середньозважений показник вмісту гумусу в середньому по Україні зменшився на 0,07 %, у поліській зоні – на 0,04, лісостеповій і степовій – на 0,09 %. Ураховуючи значне зменшення площ

просапних культур, під якими гумус активно мінералізується, а також виведення з обробітку частини малогумусних низькопродуктивних земель, фактичні запаси гумусу в ґрунтах України знизилися ще більше.

1.3 Аналіз основних чинників формування загроз екологічній безпеці у техногенному середовищі

Техногенне середовище України, незважаючи на суттєве скорочення економічного потенціалу після розпаду СРСР, є доволі розвинутим і складним. Його значна територіальна розповсюдженість охоплює до 95 % території держави за винятком гірських районів за наявності значної кількості енерго- та ресурсоемних галузей промисловості (гірнична, енергетична, металургійна, хімічна, будівельна, аграрна та ін.) зумовлюють комплексний, значною мірою незворотний вплив на довкілля. У цілому це призводить до прогресуючого погіршення екологічних параметрів біологічного розмаїття, зростаючого забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів (джерел питного та господарського водопостачання), ґрунтів верхньої зони порід, пило-хімічного забруднення приземної атмосфери в багатьох промислово-міських агломераціях [2, 23, 48].

На території України функціонує понад 1,7 тис. об'єктів промисловості, що зберігають або використовують у виробничій діяльності сильнодіючі отруйні речовини, у т.ч. хлор і аміак [137-139]. На хімічно небезпечних об'єктах здебільшого використовуються застарілі технології, вони оснащені зношеним обладнанням. За останні роки заміна або оновлення основних виробничих фондів цих підприємств майже не здійснювалися. На них зафіксовані численні порушення норм охорони праці, пожежної, екологічної та санітарно-епідеміологічної безпеки, які систематично реєструються під час щорічних перевірок стану техногенної безпеки. Виявлено випадки проектування й побудови аміачних холодильних установок без жодного засобу

та заходу з техногенної безпеки, регламентованих чинною нормативно-законодавчою базою.

Унаслідок виникнення НС із викидом отруйних речовин загальна площа зон хімічного зараження може охопити понад 250 адміністративно-територіальних од., у яких мешкає близько 20 млн осіб. [131, 136]. Крім того, у межах промислових майданчиків цієї групи об'єктів мають місце прояви підтоплення, деформацій підземних мереж і підґрунтя, які підвищують ризик виникнення НС на прилеглих територіях.

Масштабний характер розвитку й прояву зазначених деструктивних процесів у деяких адміністративних областях України призводить до того, що вони не лише стали невід'ємним складником економічного розвитку, а й відповідними ризикоутворюючими чинниками. Для регіональної оцінки впливу таких чинників на формування економічного ризику природних і техногенних катастроф досліджено залежності між обсягом валового регіонального продукту та концентрацією ПНО, утворенням відходів і викидами в атмосферне повітря.

Валовий регіональний продукт є узагальнюючим показником, який характеризує рівень розвитку економіки регіону. ВРП у ринкових цінах визначається як сума валової доданої вартості усіх видів економічної діяльності, включаючи чисті податки на продукти [47, 48].

Концентрація потенційно небезпечних об'єктів на території певного регіону характеризує рівень його техногенного навантаження через співвідношення кількості ПНО в межах регіону та його площі (рис. 1.3).

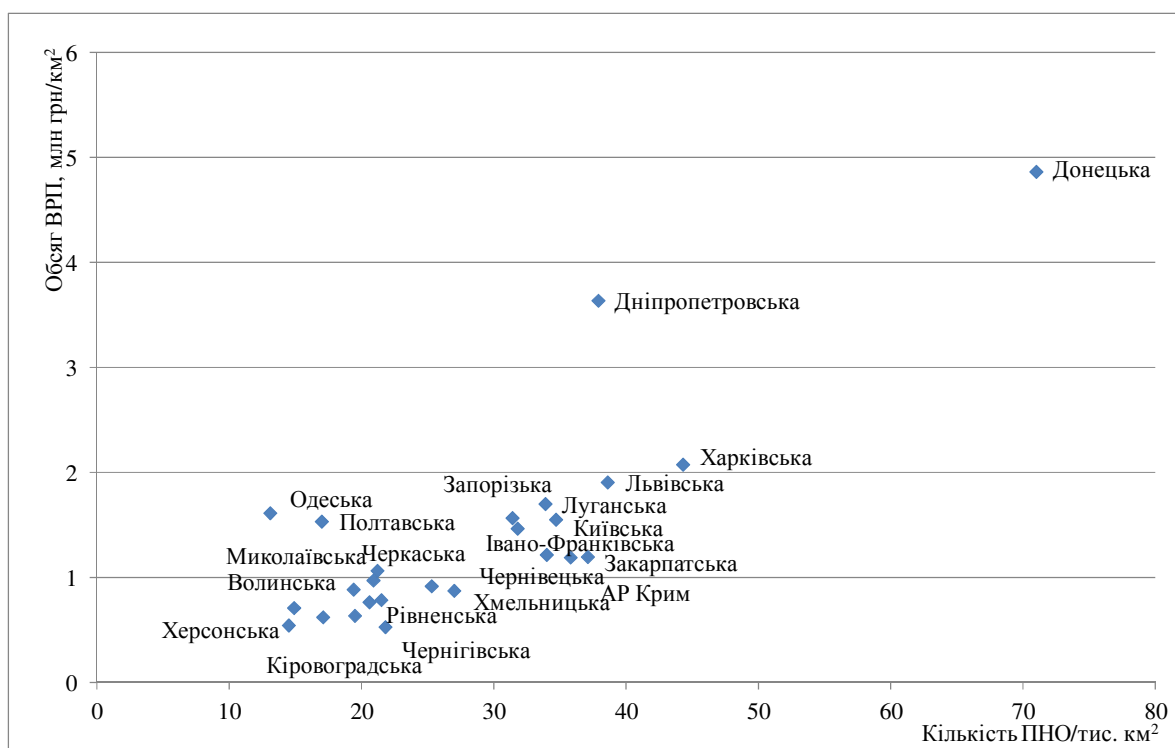


Рис. 1.3 – Залежність між обсягом ВРП і техногенним навантаженням регіонів України

Результати аналізу даної залежності свідчать про те, що величина ВРП більшості промислових регіонів держави (Донецька, Дніпропетровська, Харківська, Запорізька, Львівська області) безпосередньо пов'язана з їх надмірним техногенним навантаженням, що переважно проявляється у значній кількості функціонуючих ПНО на їх території. Отримані дані також виявляють тенденцію, відповідно до якої зростання обсягів ВРП значної кількості адміністративних областей відбувається з відповідним збільшенням числа ПНО (рис. 1.4).

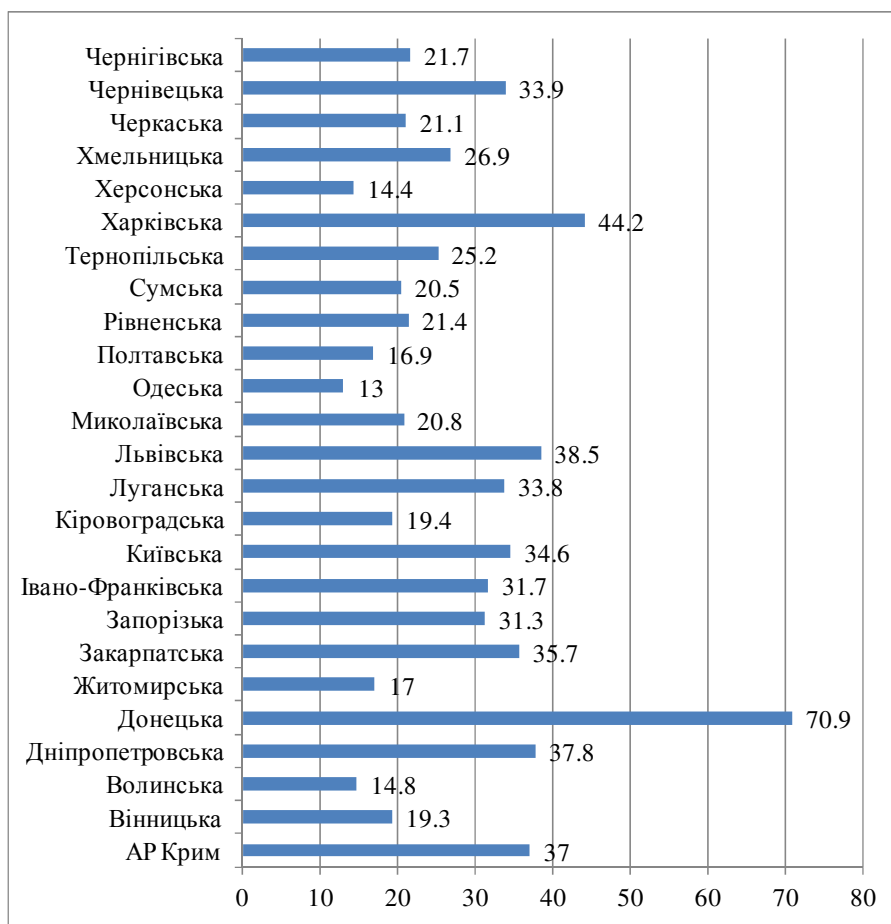


Рис. 1.4 – Питома щільність ПНО на території областей України (кількість ПНО/тис. км²)

Дані діаграми свідчать про вкрай високий рівень техногенного навантаження промислово розвинених регіонів держави, що виражається у великій кількості ПНО на їх території. Це насамперед Донецька, Харківська, Львівська, Дніпропетровська, Луганська області, а також АР Крим.

Протягом 2014 р. в Україні утворилося 354,8 млн т відходів, у т.ч. від економічної діяльності підприємств та організацій – 332,4 млн т (98,9 %), у домогосподарствах – 5,2 млн т [45, 137]. Переважну їх частину становлять відходи IV класу небезпеки (446,2 млн т, або 99,7 %) та 1,4 млн т (0,3 %) – відходи I–III класів небезпеки. У 2011 р. порівняно з 2010 р. суттєво збільшилися обсяги утворених відходів IV класу небезпеки (на 22 млн т, або 5,2 %) та дещо зменшилися обсяги утворення відходів I–III класів небезпеки на 0,2 млн т, або 13,6 % (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Показники утворення та поводження з відходами [45]

Показник	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Утворено, тис. т	419191,8	447641,2	450726,8	448117,6	354803,0
у розрахунку на одну особу, кг	9138,6	9793,9	9885,8	9851,0	8251,0
Зібрано, отримано побутових та подібних відходів, тис. т	9765,5	10356,5	13878,0	10803,7	10748,0
Імпортовано, тис. т	4,1	40,6	113,3	169,6	33,4
Спалено - усього, тис. т	1058,6	1054,5	1215,9	918,7	944,6
Утилізовано, тис. т	145710,7	153687,4	143453,5	147177,9	109119,0
Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, тис. т	313410,6	253395,9	265789,0	267222,6	203765,4
Видалено іншими методами видалення, тис. т	24318,0	23742,7	23856,3	20923,3	34279,0
Розміщено на стихійних звалищах, тис. т	87,4	299,6	82,1	86,8	141,5
Експортовано, тис. т	281,3	85,8	556,6	318,7	653,3
Накопичено відходів протягом експлуатації у місцях видалення відходів на кінець року, млн т	13267,5	14422,4	14910,1	15167,4	12115,2

Видалення відходів у спеціально відведені місця чи об'єкти в 2011 р. залишається домінуючим методом перероблення відходів, водночас порівняно з 2010 р. його обсяги зменшилися на 59,8 млн т, або 17,8 %.

Приріст утилізації відходів (на 8,0 млн т, або 5,5 %) пов'язаний зі зростанням обсягів утилізації відходів IV класу небезпеки, зокрема мінеральних, тваринних і рослинних відходів. Порівняно з 2010 р. зменшилися обсяги спалення відходів з метою отримання енергії (на 39,7 тис. т, або 4,7 %), але відбувся суттєвий приріст спалення відходів (на 35,6 тис. т) з метою їх теплової переробки [46, 117, 136].

Як результат, 61,9 % відходів (від загального обсягу утворених у 2011 р.) було видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, 34,3 % – утилізовано, 0,2 % – спалено, 0,1 % – видалено у місця неорганізованого зберігання, а решта (3,5 %) – передано юридичним і фізичним особам як корми для годівлі худоби, добрива, продано як сировина для виробництва тощо.

У 2011 р. відходи підприємств добувної й переробної промисловості становили 91,6 % від загальних обсягів утворення відходів у країні. У цих секторах економічної діяльності понад 77 % складають мінеральні відходи (викопані ґрунти, відходи руйнування, залишки скель тощо). Це пояснює високу частку мінеральних відходів у структурі утворення відходів за категоріями матеріалів (71 % від загальних обсягів утворених відходів). Привертає увагу те, що в 2011 р. сумарні відходи, які утворилися у Дніпропетровській, Донецькій, Кіровоградській і Луганській областях, складають понад 88 % від загальних обсягів утворених відходів (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Утворення відходів в регіонах України (тис. т) [46]

Регіон	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Україна	1659,8	1434,5	1368,1	923,8	686,1
Автономна Республіка Крим	268,5	273,8	262,2	3,3	...
Вінницька	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4
Волинська	0,7	0,7	0,7	1,3	0,7
Дніпропетровська	259,9	152,9	69,9	77,4	59,1
Донецька	221,8	132,6	140,2	113,6	68,3
Житомирська	5,1	4,2	17,9	1,4	1,4
Закарпатська	8,0	10,2	4,8	4,5	1,9
Запорізька	41,9	29,3	25,0	19,8	16,6
Івано-Франківська	3,4	3,6	10,8	5,3	2,0
Київська	7,1	2,8	27,2	25,9	14,4
Кіровоградська	6,2	6,9	11,4	7,9	5,3
Луганська	23,6	25,4	23,1	27,9	10,0
Львівська	2,0	1,4	1,6	1,9	0,4
Миколаївська	188,8	158,4	187,5	152,0	106,2
Одеська	7,5	12,8	8,3	10,6	5,0
Полтавська	215,6	149,0	154,8	130,9	78,7
Рівненська	3,4	3,9	2,8	0,9	1,0
Сумська	115,4	168,9	155,3	92,7	86,8

Регіон	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Тернопільська	12,3	11,3	11,8	15,7	9,3
Харківська	153,7	149,1	124,0	120,0	124,8
Херсонська	86,1	108,5	105,8	90,4	86,9
Хмельницька	1,2	1,2	1,5	0,7	0,6
Черкаська	7,1	6,1	5,5	0,6	0,7
Чернівецька	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Чернігівська	3,5	1,2	1,0	0,8	0,8

Хоча відходи І–ІІІ класів небезпеки становлять незначну частку від загальної кількості, проте саме вони створюють найбільші ризики для здоров'я населення й навколишнього середовища. У 2011 р. сумарний обсяг утворення відходів І–ІІІ класів небезпеки в Автономній Республіці Крим, Сумській, Миколаївській і Дніпропетровській областях складав 52,6 % від загального обсягу [45, 139].

Аналіз даних діаграми свідчить, що існує відповідний зв'язок між обсягом ВРП та утворенням значної кількості відходів, який полягає у тому, що зростання ВРП промислово розвинених і техногенно перевантажених регіонів держави відбувається одночасно із зростанням значних обсягів відходів. Особливо чітко така тенденція простежується у Дніпропетровській, Донецькій, Луганській, Запорізькій областях. До речі, нині в Україні показник кількості відходів на душу населення є найвищим з-поміж країн Європи (рис. 1.4).

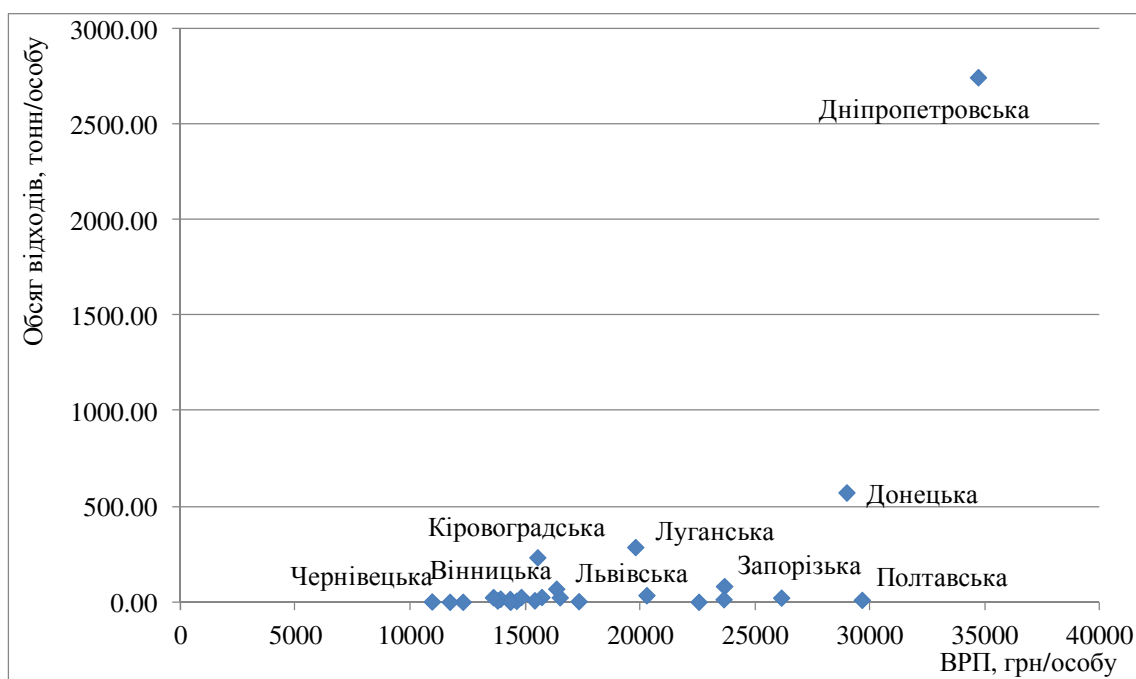


Рис. 1.4 – Обсяг ВРП та утворення відходів в регіонах України

У сучасних умовах Україна досі займає одне з перших місць у світі за рівнем споживання енергії, води, корисних копалин та інших ресурсів на одиницю ВВП, а обсяги промислових відходів на душу населення перевищують аналогічні показники багатьох країн. Так, ресурсоємність вихідного національного продукту втричі перевищує світовий рівень, а на одиницю ВВП витрачають майже тонну природних ресурсів, тоді як у США лише 3 кг. Загальне енергоспоживання на одиницю ВВП в Україні є в 1,8 разу більшим, ніж у Росії, у 3,5 разу – ніж у Польщі, у 8,3 разу вищим, ніж у деяких країн Європи [136, 138].

Одним з основних показників енергетично ефективного функціонування національної економіки є енергоємність валового внутрішнього продукту, що визначається як співвідношення сумарної кількості паливно-енергетичних ресурсів до обсягу ВВП [136]. Протягом останнього десятиріччя в Україні спостерігалася динаміка зниження ЕВВП, за винятком 2009 р., коли було зареєстровано її незначне підвищення. Разом з тим енергоємність ВВП України продовжує залишатися на вкрай високому рівні, який у 2,1-3,7 разу перевищує показник розвинутих країн світу.

Істотним фактором зменшення енергоемності ВВП є зниження частки проміжного споживання у випуску продукції. Така тенденція є наслідком впливу двох основних чинників – економії енергоносіїв за умов їх подорожчання й підвищення результативності державної політики енергозаощадження, а також зростання протягом останніх років цін виробників в енергоспоживаючих секторах економіки.

В Україні функціонує понад 1,5 тис. вибухо- і пожежонебезпечних об'єктів, на яких зосереджено близько 13,6 млн т твердих і рідких небезпечних речовин [6, 38, 136]. Переважна кількість таких об'єктів розташована в центральних, східних і південних областях країни, де сконцентровані хімічні, нафто- й газопереробні, коксохімічні, металургійні та машинобудівні підприємства, розгалужена мережа нафто-, газо- й аміакопроводів, експлуатуються нафто- і газопромисли та вугільні шахти, у т.ч. надкатегорійні по метану та вибухонебезпеці вугільного пилу.

Наявність в Україні розвиненої мережі дорожньо-транспортних комунікацій, перевезення ними значної кількості небезпечних речовин, стан самих комунікацій і всіх видів транспортних засобів становить певну загрозу для людей, економіки й природного середовища.

Щорічно в Україні перевозиться транспортом загального користування понад 3,0 млрд пасажирів, а також 900 млн т вантажів, у т.ч. велика кількість небезпечних [101, 136]. На залізничний транспорт припадає близько 50 % вантажних перевезень, автомобільний – 26 %, річковий і морський – 14 %, авіаційний – 10 %. До 30 % від загального обсягу вантажів складають небезпечні речовини.

Потребують якісного оновлення основні фонди залізничного транспорту. Технічний стан тягового рухомого складу критичний. Ступінь його зносу становить у середньому 77 %. Відпрацювали нормативний строк 57 % електровозів, 18 % тепловозів, 46 % дизель-поїздів, які ще знаходяться в експлуатації. Крім того, до 20 % залізничних колій знаходяться під впливом регіонального підтоплення земель, близько 40 % – перебувають у зонах

карстових загроз, до 11 % – на територіях можливої активізації зсувних процесів [17, 23, 51]. Потребують заміни понад 20 % залізничних колій, 16 % яких знаходяться в аварійному стані.

Особливу тривогу викликає незадовільний стан відомчих під'їзних залізничних колій, якими транспортуються хімічно-, пожежо- і вибухонебезпечні речовини.

На території України експлуатується понад 20 тис. залізничних та автодорожніх мостів, що належать Укрзалізниці, Укравтодору та комунальним службам [101, 137]. З-поміж залізничних мостів 14 % мають незадовільний технічний стан, а 1,8 % потребують заміни у зв'язку зі зношеністю. Серед мостів загального користування, що підпорядковані Укравтодору, не відповідають вимогам експлуатації та безпеки руху 46 %, а з-поміж комунальних мостів – 76 %.

Майже всі мости не мають відповідного нагляду й спостереження за станом їхніх конструкцій та інженерно-геологічним станом порід підґрунтя, які зазнають активних впливів динамічних навантажень від великовантажного транспорту, повеней і підтоплення прилеглих територій. На шляхах загального користування 34 % мостів побудовані до 1961 р., хоча розрахунковий термін служби не перевищує 30–40 років.

Водопровідно-каналізаційне господарство в містах і селищах міського типу в Україні характеризується незадовільним технічним станом споруд, обладнання, недосконалістю структури управління цією галуззю та нормативно-правової бази для забезпечення її надійного й ефективного функціонування. На комунальних водопровідно-каналізаційних спорудах із загальної добової кількості стічних вод 10575,0 тис. м³ проходить очищення лише 9653,7 тис. м³ за добу [102, 138].

У промислово розвинених районах Дніпропетровської, Донецької, Луганської, Запорізької, Миколаївської областей та АР Крим цілодобово скидається без очищення понад 176 тис. м³. Четверта частина водопровідних очисних споруд і мереж у вартісному виразі фактично відпрацювала термін

експлуатації, 22 % очисних мереж перебуває в аварійному стані [139]. Амортизовано 48 % насосних агрегатів, 46 % потребує заміни. Планово-попереджувальний ремонт виконується лише на половині потужностей. За цих причин стала можливою масштабна аварія на Диканівських очисних спорудах м. Харкова.

Протяжність магістральних газопроводів територією України сягає понад 35 тис. км, магістральних нафтопроводів – 4 тис. км. Їхню роботу забезпечує 31 компресорна нафтоперекачувальна і 89 компресорних газоперекачувальних станцій. Унаслідок великої кількості аварій та злочинних пошкоджень, які спричиняють забруднення довкілля, існуючі мережі нафтопроводів і продуктопроводів є джерелами підвищеної екологічної небезпеки.

Близько 5 тис. км лінійної частини магістральних газопроводів побудовані у 60–70 роки і відпрацювали свій амортизаційний термін. Потреба в їхньому оновленні становить до 500 км за рік. Фактичне виконання капітального ремонту й реконструкції газотранспортної системи майже у 10 разів нижче від необхідного. Крім того, експлуатація магістральних газопроводів відбувається у складних інженерно-геологічних умовах: до 59 % магістральних газопроводів перебувають в умовах можливого прояву карсту, до 21 % – у зонах прояву регіонального підтоплення земель [89, 95, 98].

Несанкціоновані втручання в цілісність нафтопродуктопроводів у вигляді свердлення отворів з метою крадіжки завдають значних матеріальних збитків, створюють аварійні ситуації та завдають екологічної шкоди. Крадіжки з нафтопродуктопроводів через бездіяльність органів внутрішніх справ щодо цього призводять до постійного забруднення ґрунтових вод і водоймищ, і як наслідок – погіршують загальну екологічну обстановку.

Зростає загроза виникнення аварій на міських теплових мережах у холодну пору року в системах гарячого водопостачання через значну зношеність цих мереж і відсутність коштів на їхній ремонт, а також нестачу палива.

Об'єктами підвищеної небезпеки на території України є греблі, дамби, водопропускні споруди на 12 гідровузлах і 16 водосховищах річок Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець. У разі їхнього руйнування виникнуть зони катастрофічного затоплення, загальна площа яких становитиме 8294 км², куди потрапляють 536 населених пунктів та 470 промислових об'єктів різного призначення [136-138]. Характерним для катастрофічного затоплення при руйнуванні гідроспоруд є значна швидкість розповсюдження (3–25 км/год.), висота (10–20 м) та ударна сила (5–10 т/м²) хвилі прориву, а також швидкість і час затоплення прилеглої території. Унаслідок такого явища можливе руйнування будівель, порушення роботи енергосистем і транспортного сполучення, вихід з ладу мереж і споруд газового господарства, систем водопостачання.

Надзвичайно загрозливим явищем для сьогоденних умов в Україні є процес старіння будинків і споруд, особливо промислового призначення, адже фізичне зношення багатьох із них сягає критичного рівня. Майже на всіх промислових підприємствах будинки і споруди поступово руйнуються за неприпустимо низького рівня безпеки їх експлуатації, що значно збільшує ймовірність виникнення техногенних НС.

1.4 Аналіз методів оцінки ризиків природного і техногенного походження

Оцінка ризику передбачає перелік кроків, що дозволяють врахувати вплив основних чинників небезпеки. Виходячи з національного і міжнародного досвіду для оцінки ризику R може використовуватися функціонал F , що пов'язує ймовірність P виникнення несприятливої події і математичне очікування збитку L від неї [5, 28]

$$R = F_R\{L, P\} = \sum_i [F_{R_i}(L_i, P_i)] = \int C(L)P(L)dL = \int C(P)L(P)dP, \quad (1.1)$$

де i - види несприятливих подій, C - вагові функції, що враховують

взаємовплив ризиків.

У загальному випадку для якісного і кількісного аналізу ризиків за виразом (1) на основі досліджень складних динамічних нелінійних небезпечних процесів включаючи виникнення відмов, ушкоджень, руйнувань, загибелі, аварій, катастроф проводиться побудова фізичних і математичних моделей для небезпечних об'єктів, що аналізуються.

У цих моделях і сценаріях виникнення і розвитку несприятливих подій можуть застосовуватися відповідні небезпечні процеси, що розвиваються в часі t . За такого підходу використовуються тимчасові шкали ризиків $R(t)$.

Загальний збиток L або його складові L_i визначаються через узагальнену суму збитків, що наносяться населенню N , господарським об'єктам T і довкіллю E [29, 31]

$$L = F_L\{L_N, L_T, L_E\} = \sum_i [F_{L_i}(L_{N_i}, L_{T_i}, L_{E_i})]. \quad (1.2)$$

Збитки L за (1.2) і відповідно ризики R за (1.1) визначаються в загальному випадку з урахуванням значного числа показників. Однак в сучасних умовах величини L і R від певних несприятливих подій можна оцінювати за показниками, що враховують економічні збитки та людські втрати за летальними або нелетальними випадками.

Ймовірність P виникнення несприятливої події чи її складових P_i у загальному випадку визначається як функціонал ймовірності, що залежить від джерел загроз, вражаючих чинників і об'єктів ураження та захисту - людини N , господарських об'єктів T і довкілля E

$$P = F_P\{P_N, P_T, P_E\} = \sum_i [F_{P_i}(P_{N_i}, P_{T_i}, P_{E_i})]. \quad (1.3)$$

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002р. №956 в нашій державі відбувається ідентифікація та облік об'єктів підвищеної небезпеки, до яких відносяться суб'єкти господарювання, у власності або користуванні яких є об'єкти, де можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються

небезпечні речовини, а також на всіх суб'єктів господарювання, що мають намір розпочати будівництво ПНО.

Крім того, особливу загрозу становлять греблі та інші будівлі гідроелектростанцій, водоскидні, водоспускові і водовипускні споруди, тунелі, канали, насосні станції, судноплавні шлюзи, суднопідйомники, споруди, призначені для захисту від повеней і руйнувань берегів водосховищ, берегів і дна русел річок, споруди, що захищають сховища рідких відходів промислових і сільськогосподарських організацій, пристрої від розмивів на каналах і інші споруди, призначені для використання водних ресурсів і запобігання шкідливій дії вод і рідких відходів.

Для кожного з поєднань діючих на небезпечних об'єктах вражаючих чинників та їх гранично допустимих значень здійснюється імовірнісне моделювання та інтегрування з урахуванням функцій розподілу по площі F і часу t для визначення ризиків R , ушкодження D або уразливості V людини N , господарських об'єктів T і довкілля E через відношення поточних значень до критичних [55, 121]

$$\{D_{T,t}, V_{F,t}\}_{F,t} = F_{DV} \{ (E/E_c), (W/W_c), (I/I_c) \} = \iint_{F,t} [(E/E_c), (W/W_c), (I/I_c)] dF dt. \quad (1.4)$$

За встановленими величинами ушкоджень $D_{T,t}$ і уразливості $V_{F,t}$ для заданої вірогідності $P_{F,t}$ оцінюються величини збитків $L_{F,t}$.

Отримані значення $P_{F,t}$ і $L_{F,t}$ для людини N , господарських об'єктів T і довкілля за 1.1, 1.2, 1.3 дають можливість визначити значення для заданої точки F і часу t ризиків $R_{F,t}$ і побудувати карти ризиків.

У випадку науково обґрунтованих гранично припустимих рівнів ризику $[R]$ чи $[R_{F,t}]$ умова безпеки може бути надана у формі [14]

$$\{R, R_{F,t}\} \leq \{[R], [R_{F,t}]\}. \quad (1.5)$$

При рішенні прямої задачі про забезпечення безпеки за умовою (1.5) величини $[R]$ чи $[R_{F,t}]$ можуть встановлюватися з використанням допустимих значень $[E]$ і $[W]$.

Управління ризиками з урахуванням виразу (1.5) зводиться до виконання комплексу таких заходів [149, 155]:

- із застосуванням розрахунково-експериментальних методів оцінити ризики $\{R, R_{F,t}\}$;
- з урахуванням міжнародного, національного досвіду науково обґрунтувати рівні гранично допустимих ризиків $\{[R], [R_{F,t}]\}$;
- з урахуванням необхідних витрат Z та їх ефективності m_Z розробити заходи для забезпечення заданого рівня безпеки.

Тоді загальне завдання оцінки і управління ризиками для технічного регулювання можна надати у вигляді [155]

$$\{R, R_{F,t}\} \leq \{[R], [R_{F,t}]\} = F_Z \{m_Z \cdot Z\}. \quad (1.6)$$

Для оцінки ризиків R з урахуванням виразу (1.1) за його складовими – збитками L та ймовірності P виникнення несприятливих подій на будь-якій із стадій життєвого циклу небезпечного об'єкту утворюється вибірка, узагальнення і аналіз статистичних даних про виникнення і розвиток цих подій за попередній період Δt .

До числа основних видів збитків L від несприятливих подій слід включити: для населення N : L_{N1} - загибель людей (летальний випадок); L_{N2} - ураження (не летальний випадок); для господарських об'єктів T : L_{T1} - знищення небезпечного об'єкту; L_{T2} - ушкодження ПНО; для довкілля S : L_{S1} - руйнування об'єкту природного середовища; L_{S2} - ушкодження об'єкту довкілля.

При проведенні попередньої оцінки збитків L_N для населення N при одній несприятливій події з урахуванням умови (1) разом з числом летальних N_1 і не летальних N_2 результатів можуть бути враховані економічні збитки L_N від втрати L_{N1} людських життів N_1 і здоров'я L_{N2} для кількості потерпілих N_2 [114]

$$L_N = L_{N1}N_1 + L_{N2}N_2 \quad (1.7)$$

Величини L_{N2} і N_2 можна розбити на три основні групи, відповідні групам інвалідності або втрати працездатності.

Число загиблих N_1 і потерпілих N_2 враховує наступні групи людей, що беруть участь в технічному регулюванні: операторів, персоналу і населення за межами небезпечного об'єкту.

Величина збитку L_{N1} від втрати людського життя можуть визначатися спеціальними розрахунками з урахуванням великого віку, стану здоров'я, рівня кваліфікації і освіти, сфери зайнятості, місця проживання.

Величини L_{N2} можна пов'язати з L_{N1}

$$L_{N2} = K^N L_{N1}, \quad (1.8)$$

де K^N - коефіцієнт зниження збитків ($0 \leq K^N \leq 1$).

Коефіцієнти зниження збитків для трьох вказаних вище груп інвалідності чи втрати працездатності визначаються за експертною оцінкою.

Для техногенної сфери T втрата або ушкодження небезпечного об'єкту при одній несприятливій події відповідно до табл. 1 визначаються по аналогії з умовою (7)

$$L_T = L_{T1} N_{T1} + L_{T2} N_{T2}, \quad (1.9)$$

де L_{T1} , L_{T2} - первинні збитки від втрати або ушкодження одного небезпечного об'єкту; N_{T1} , N_{T2} - кількість втрачених або пошкоджених небезпечних об'єктів.

Величини L_{T1} и L_{T2} залежать від початкової вартості C_T ПНО, рівня його потенційної небезпеки, виду аварійної ситуації і сценарію її виникнення, стадії життєвого циклу і виду ушкоджень [28]

$$L_{T1} = K_{CT} C_T (1 - t/t_{TC}), \quad (1.10)$$

де K_{CT} - коефіцієнт збільшення збитку при втраті небезпечного об'єкту в результаті виникнення несприятливої події ($1 \leq K_{CT} \leq 2$); t - час виникнення несприятливої події; t_{TC} - термін роботи небезпечного об'єкту.

Величини L_{T2} залежать від міри ушкодження (уразливості) небезпечного об'єкту при виникненні несприятливої події

$$L_{T2} = K_{V,D}^T L_{T1}, \quad (1.11)$$

де $K_{V,D}^T$ - коефіцієнт ушкодження D (уразливості V), ($0 \leq K_{V,D}^T \leq 1$).

У першому наближенні для небезпечного об'єкту можна прийняти три групи ушкоджень з $K_{V,D}^T$, рівними 0.75; 0.5 і 0.25.

Для довкілля E збитки від втрати об'єктів тваринного, рослинного світу, а також ґрунту, води, повітря за однієї несприятливої події визначаються по аналогії з умовами (1.7) і (1.9).

$$L_E = L_{E1}N_{E1} + L_{E2}N_{E2}, \quad (1.12)$$

де L_{E1}, L_{E2} - первинні і вторинні збитки від втрати або ушкодження об'єкту довкілля; N_{E1}, N_{E2} - кількість втрачених або пошкоджених об'єктів.

Величини L_{E1} і L_{E2} залежать від початкової вартості C_E об'єкту довкілля, категорії K і виду несприятливої події, групи ПНО, сценаріїв C виникнення події і стадії життєвого циклу об'єкту довкілля [4, 10]

$$L_{E1} = K_{CE}C_E(1 - \bar{t}_{EC}), \quad (1.13)$$

де K_{CE} - коефіцієнт збільшення збитку за рахунок вторинних вражаючих чинників при втраті об'єкту довкілля ($1 \leq K_{CE} \leq 5$); \bar{t}_{SC} - відносний час існування об'єкту довкілля до моменту виникнення несприятливої події, $0 \leq \bar{t}_{EC} \leq 1$.

Величини L_{E2} встановлюються з урахуванням ушкодження D (уразливості V) об'єктів довкілля аналогічно умові (1.11)

$$L_{E2} = K_{V,D}^E L_{E1}. \quad (1.14)$$

Коефіцієнт $K_{V,D}^E$ ушкодження (уразливості) змінюється в межах від 0 до 1 і в розрахунках можна використовувати три групи його значень - 0.75; 0.5 і 0.25.

Для оцінки ризиків R відповідно до табл. 1 кожній з розрахункових величин по виразах (1.5) - (1.12) мають бути поставлені у відповідність числа подій n_i зі своїми варіантами j .

При цьому розглянуті групи ушкоджень людей, небезпечних об'єктів і довкілля, що характеризуються коефіцієнтами K^N , $K_{V,D}^T$, $K_{V,D}^E$, формуються у бік їх підвищення від значення, рівного 0.05 для K^N і 0.1 для $K_{V,D}^T$ та $K_{V,D}^E$.

Ймовірність P_n несприятливої події, що виникла для даного небезпечного об'єкту, що знаходився у функціональному стані упродовж часу t_Φ протягом періоду Δt за параметру ПНО N_{OO} , визначається за співвідношенням [5, 10]

$$P_{ni} = \frac{n_i}{N_{\text{оо}} \Delta t} K_{\text{тф}}, \quad (1.15)$$

де $K_{\text{тф}}$ - часовий коефіцієнт функціонування небезпечного об'єкту
($K_{\text{тф}} = t_{\text{ф}} / \Delta t$; $0 \leq K_{\text{тф}} \leq 1$).

Якщо Δt становить 1 рік і величини n_i і $K_{\text{тф}}$ визначено для даного року, то P_n має розмірність 1/рік і відноситься до цього року. Якщо величини n_i і $K_{\text{тф}}$ визначені для послідовності Δt (років), то величини P_n відносяться до цієї послідовності за тимчасовою залежністю.

Якщо несприятливі події для небезпечного об'єкту протягом цього року або цієї послідовності років не виникали ($n=0$), до розгляду вводиться такий відрізок часу Δt , протягом якого мала місце хоча б одна ($n=1$) несприятлива подія. За даними про величини P_{ni} для ряду років t може бути побудована тимчасова залежність $P_{ni}(t)$ для прогнозування ризиків $R(t)$.

В цілому визначаються два основних показники ризику R , що можуть бути виражені у людських втратах (летальні або не летальні випадки), а також в економічних втратах (у гривнях або умовних одиницях).

У першому випадку йдеться про індивідуальні (колективні, соціальні) ризики, в другому мова йде про економічні ризики. Другий тип ризиків є загальнішим і може включати також економічні збитки від втрати людського життя чи здоров'я.

З урахуванням умов (1.7) і (1.15) для оцінки індивідуальних ризиків летальних результатів при i – тій несприятливій події [114, 121, 141]

$$R_{N_{li}} = P_{ni} \frac{N_{li}}{N_i} N_{Tli}, \quad (1.16)$$

де N_{li} - число летальних результатів при i – й несприятливій події, N_i - кількість людей, для яких оцінюється ризик (оператори, персонал або населення) для числа N_{Tli} видів небезпечних об'єктів, що викликають втрату людських життів.

Для не летальних результатів, що враховують інвалідність або втрату працездатності [141]

$$R_{N2i} = P_{ni} \frac{N_{2i}}{N_i} N_{T2i}, \quad (1.17)$$

де N_{T2i} - число видів небезпечних об'єктів, що викликають втрату здоров'я і працездатності.

Тоді для загального числа несприятливих подій n при $\Delta t=1$ річні сумарні ризику [164, 186]

$$R_{N1} = \sum_{i=1}^n R_{N1i}; \quad R_{N2} = \sum_{i=1}^n R_{N2i}. \quad (1.18)$$

У тих випадках, коли оцінюються економічні ризику від втрати людських життів або здоров'я в i -й несприятливій події [28, 31]

$$R_{N1i} = P_{ni} \frac{N_{1i}}{N_i} L_{N1i} \cdot N_{1i}; \quad R_{N2i} = P_{ni} \frac{N_{2i}}{N_i} L_{N2i} \cdot N_{2i}. \quad (1.19)$$

Тоді загальний ризик при n несприятливих подіях протягом 1 року визначається згідно (19)

$$R_N = \sum_{i=1}^n P_{ni} \left(\frac{N_{1i}}{N_i} L_{N1i} \cdot N_{1i} + \frac{N_{2i}}{N_i} L_{N2i} \cdot N_{2i} \right). \quad (1.20)$$

Якщо для заданих видів несприятливих подій відомо або задані співвідношення $K_{NN} = N_2/N_1$ і $K_{NU} = L_{N2}/L_{N1}$, може бути оцінений сумарний ризик від втрати людських життів і здоров'я.

Економічні ризику в техносфері T від втрати або ушкодження небезпечного об'єкту $R_{T1i}, R_{T2i}, R_{T1}, R_{T2}, R_T; R_{N1i}, R_{N2i}, R_{N1}, R_{N2}, R_N$ оцінюються за (1.17) - (1.21).

Величина ризиків від втрати небезпечного об'єкту при i -ій несприятливій події з урахуванням умов (1.3) і (1.17) становитиме [3, 8, 205]

$$R_{T1i} = P_{ni} \cdot L_{T1i} \cdot \frac{N_{T1i}}{N_{Ti}} N_{T1i}, \quad (1.21)$$

де N_{T1i} - кількість (одиниці, маса, об'єм) втрачених небезпечних об'єктів за i -ою несприятливою подією; L_{T1i} - збиток від втрати одного небезпечного об'єкту за i -ою несприятливою подією для цих видів небезпечних об'єктів; N_{Ti} - число небезпечних об'єктів, для яких проводиться оцінка ризиків.

Величина ризиків від ушкодження небезпечного об'єкту за i -ї несприятливій події з урахуванням умови (1.15) буде [205]

$$R_{T2i} = P_{ni} \cdot L_{T2i} \cdot \frac{N_{T2i}}{N_{Ti}} N_{T2i}. \quad (1.22)$$

Тоді загальний ризик в техносфері T за n несприятливих подій складе [51, 214]

$$R_T = \sum_{i=1}^n P_{ni} \left(L_{T1i} \frac{N_{T1i}}{N_{Ti}} \cdot N_{T1i} + L_{T2i} \frac{N_{T2i}}{N_{Ti}} \cdot N_{T2i} \right). \quad (1.23)$$

Якщо на базі аналізу статистичної інформації для цього небезпечного об'єкту відомі стосунки $K_{TN} = N_{2T}/N_{1T}$ и $K_{TL} = L_{T2}/N_{T1}$, то

$$R_T = \sum_{i=1}^n P_{ni} N_{T1i} L_{N1i} (1 + K_{TN}^2 \cdot K_{TL}). \quad (1.24)$$

Економічні ризики від втрати або ушкоджень об'єктів довкілля E визначаються по аналогії з визначенням ризиків для населення N і об'єктів техносфери T за (1.17) -(1.25).

Ризик від втрати об'єктів довкілля за i -ї несприятливої події [204, 217]

$$R_{E1i} = P_{ni} \cdot L_{E1i} \cdot \frac{N_{E1i}}{N_{Ei}} N_{E1i}, \quad (1.25)$$

де N_{E1i} - кількість (одиниці, маса, об'єм) втрачених об'єктів; L_{E1i} - збиток від втрати одного об'єкту довкілля; N_{Ei} - кількість об'єктів довкілля, для яких проводиться оцінка ризиків.

Ризики від ушкоджень об'єктів довкілля за i -ї несприятливої події

$$R_{E2i} = P_{ni} \cdot L_{E2i} \cdot \frac{N_{E2i}}{N_{Ei}} N_{E2i}, \quad (1.26)$$

де N_{E2i} - кількість (одиниці, маса, об'єм) пошкоджених об'єктів; L_{E2i} - збиток від ушкодження одного об'єкту довкілля.

Тоді сумарний ризик для об'єктів довкілля [201, 205]

$$R_E = \sum_{i=1}^n P_{ni} \left(L_{E1i} \frac{N_{E1i}}{N_{Ei}} \cdot N_{E1i} + L_{E2i} \frac{N_{E2i}}{N_{Ei}} \cdot N_{E2i} \right). \quad (1.27)$$

Якщо відомі $K_{EN} = N_{2E}/N_{1E}$ і $K_{EL} = L_{E2}/N_{E1}$, то сумарний ризик можна визначити аналогічно (1.23) і (1.27)

$$R_E = \sum_{i=1}^n P_{mi} \cdot L_{Eli} \cdot \frac{N_{Eli}}{N_{Ei}} (1 + K_{EN}^2 \cdot K_{EL}). \quad (1.28)$$

Загальний економічний ризик для людей, небезпечних об'єктів і довкілля відповідно до (17)-(29) може визначатись як сума відповідних складників

$$R = R_N + R_T + R_E.$$

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз актуальних джерел загроз екологічній безпеці України в природному і техногенному середовищах засвідчив, що екологічні чинники стають провідним джерелом економічних проблем у більшості регіонів держави. Формування загроз національній безпеці в екологічній сфері України зумовлене комплексним впливом надмірного техногенного навантаження на головні земельні, водні, мінерально-сировинні й біотичні ресурси, суттєвим погіршенням технічного стану засобів виробництва, а також дією чинників глобальних змін клімату.

2. В сучасних умовах чинниками формування загроз екологічній безпеці регіонів держави є руйнівна активізація екзогенних геологічних процесів (підтоплення, просідання, карст, зсуви) на ПНО і територіях, руйнування захисних гребель і дамб шламосховищ і ставків-відстійників із забрудненням високо-мінералізованими водами, ускладнення інженерно-геологічних умов експлуатації промислових і житлових споруд, інженерних мереж у багатьох ПМА.

3. Аналіз актуальних джерел загроз екологічній безпеці регіонів України засвідчив, що зростання ВРП промислово розвинутих і техногенно навантажених адміністративних областей супроводжується відповідним збільшенням кількості відходів і викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. При цьому комплексний вплив деструктивних процесів у навколишньому середовищі, що є складниками економічного розвитку

багатьох регіонів держави, у цілому зумовлює формування економічного ризику природних і техногенних катастроф в Україні.

4. Проведений аналіз методів оцінки ризиків природного і техногенного походження показав, що комплексний ризик екологічній безпеці на регіональному рівні може визначатися через узагальнену суму ризиків для населення, потенційно небезпечних об'єктів і довкілля від реалізації НС різного походження. При визначенні складових компонентів загального ризику екологічній безпеці регіонів мають бути оцінені ризики від втрати життя і здоров'я населення, ризики від руйнування та ушкодження ПНО, а також ризики від втрати та ушкодження об'єктів довкілля.

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [23, 17, 86, 95, 222].

РОЗДІЛ 2

НАУКОВІ ОСНОВИ ОЦІНКИ РІВНІВ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ ДЕРЖАВИ

2.1 Метод оцінки рівня безпеки основних об'єктів захисту

На рівень екологічної безпеки регіонів України, що склався і формуватиметься в майбутньому, суттєво впливає величина ризику від можливих і реальних природних і техногенних катастроф, а також від негативних процесів, що можуть призвести до загострення екологічних проблем і соціальних конфліктів.

Тому одним зі стратегічних підходів щодо забезпечення екологічної та природно-техногенної безпеки України має бути принцип ненульового ризику, що вимагає утворення ефективної системи економічних механізмів відносно забезпечення безпеки людини, навколишнього середовища та суспільства [1, 15, 28].

Аналіз ризиків на регіональному рівні тісно пов'язаний з аналізом загроз, що своєю чергою визначають рівень безпеки регіонів держави. Теоретичною основою оцінки рівнів безпеки регіонів може бути теорія надійності, відповідно до якої надзвичайні ситуації слід розглядати як «відмови» елементів систем, що призводять до порушення їхньої стійкості [5, 98, 121].

При проведенні розрахунків вважається, що надзвичайні ситуації з негативними наслідками для основних об'єктів захисту регіону розподіляються за розподілом Пуассона.

$$F(N) = P(\xi \leq N) = \sum_{k=0}^N P(k) = \sum_{k=0}^N \frac{1}{k!} a(\Delta t)^k \exp(-a(\Delta t)), \quad (2.1)$$

де ξ - випадкова кількість реалізацій НС за час Δt ; $P(k)$ – ймовірність k НС за час (Δt) ; $a(\Delta t)$ – параметр розподілу Пуассона, що визначається як середнє число НС протягом часу Δt , $a(\Delta t) = M[\xi] = \lambda(\Delta t)$; λ – частота НС за одиничний інтервал часу; N – кількість НС, що сталися упродовж часу Δt .

Оцінка частоти НС λ здійснюється за співвідношенням $\lambda = N/\Delta T$, де N – кількість НС, що сталися упродовж часу $\Delta T \gg \Delta t$.

Припустимо, що безпека регіону визначається величиною ризику, який не перевищує прийнятний рівень. Нехай $S_{\Sigma}(t)$ – функція безпеки, а сукупність характеристик аварій і катастроф, які мають рівні ймовірності виникнення, визначається за допомогою функцій ризику $H_{\Sigma}(t)$. При цьому [36, 121]

$$S_{\Sigma}(t) = \prod_i^n S_i(t), \quad (2.2)$$

$$H_{\Sigma}(t) = \sum_i^n H_i(t), \quad (2.3)$$

де S_i, H_i – функції безпеки та ризику i -тої загрози, n – кількість загроз.

Нехай розглядається пуассонівський потік «відмов». У такому разі можна записати [5, 26, 98]

$$S_{\Sigma}(t) = \exp\left(-\sum_i^n \int_0^t \lambda_i(\tau) \rho_{ij}(\tau) d\tau\right), \quad (2.4)$$

$$H_{\Sigma}(t) = 1 - \exp\left(-\sum_i^n \int_0^t \lambda_i(\tau) \rho_{ij}(\tau) d\tau\right), \quad (2.5)$$

де λ_i – інтенсивність надзвичайних ситуацій i -го виду; ρ_{ij} – ймовірність j -тої компоненти системи для i -го виду надзвичайної ситуації.

Розрахунок ймовірностей ρ_{ij} передбачає наявність технічних, екологічних, економічних і соціальних критеріїв безпеки. Нині вони відсутні. За таких умов у першому наближенні можна припустити [5, 26]:

$$\rho_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}, \quad (2.5)$$

де n_{ij} – кількість надзвичайних ситуацій i -го виду з ураженням j -ї компоненти, n_i – загальна кількість подій i -го типу.

Параметри λ_i та ρ_{ij} можуть бути розраховані за допомогою методів статистичного оцінювання для кожного i -го виду [5, 36, 105].

Для перевірки гіпотези щодо зміни випадкової величини – кількості втрат k від НС для основних об'єктів захисту в заданому регіоні за розподілом Пуассона при рівні значимості $\alpha=0,05$ розраховується значення критерію Пірсона χ^2

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^r \frac{(n_k - n'_k)^2}{n'_k} = \sum_{k=1}^r \frac{(n_k - Np_k)^2}{Np_k}, \quad (2.6)$$

де n_k – емпірична ймовірність НС з негативними наслідками для основних об'єктів захисту заданого регіону, n'_k – теоретична ймовірність, що визначається як добуток загального числа НС N і теоретичної ймовірності виникнення НС p_k з негативними наслідками в заданому регіоні; r – максимальна кількість випадків спостережуваних втрат k від НС.

Оцінка середньої ймовірності виникнення НС у Вінницькій області здійснюється за

$$\lambda \simeq \bar{x} = \sum_{k=1}^r n_k k / N = 4,644. \quad (2.7)$$

При цьому теоретична ймовірність виникнення НС з негативними наслідками для основних об'єктів захисту даного регіону для умови розподілу Пуассона визначається

$$p_k = P_n(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} = \frac{4,644^k e^{-4,644}}{k!}, \quad (2.8)$$

де λ – вибіркове середнє значення, що для заданих умов дорівнює $\lambda=4,644$; k – кількість втрат від НС для основних об'єктів захисту в заданому регіоні. Результати визначення критерію Пірсона наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри розрахунку критерію Пірсона

k	n_k	p_k	$n'_k = Np_k$	$\frac{(n_k - n'_k)^2}{n'_k}$
0	1	0,009618	1,702473	0,289854
1	6	0,044669	7,906399	0,459673
2	18	0,103723	18,35893	0,007017

k	n_k	p_k	$n'_k = Np_k$	$\frac{(n_k - n'_k)^2}{n'_k}$
3	25	0,160565	28,42004	0,411563
4	29	0,186419	32,99614	0,483971
5	48	0,173148	30,64727	9,825258
6	21	0,134019	23,72133	0,312194
7	15	0,088913	15,73764	0,034574
8	9	0,051615	9,135834	0,00202
9	4	0,026634	4,714159	0,10819
10	1	0,012369	2,189288	0,646057
Σ	177	0,991692	175,5295	12,58037

Результати оцінки свідчать, що фактичне значення критерію $\chi^2=12,580$. При цьому критичне значення критерію Пірсона за рівня значимості 0,05 для 9 ступенів свободи (для умови розподілу Пуассона кількість ступенів свободи $r = k-2=11-2=9$) складає $\chi^2_{0,05,9} = 16,918$. Оскільки фактичне значення критерію χ^2 не перевищує критичне значення, тобто $\chi^2 < \chi^2_{0,05,9}$, гіпотеза щодо розподілу генеральної сукупності кількості втрат від НС для основних об'єктів захисту у Вінницькій області за законом Пуассона не протирічить дослідним даним.

Регіони України як об'єкт дослідження можуть розглядатися у вигляді багаторівневої динамічної системи великої розмірності зі складними зв'язками і всередині окремих рівнів, і між рівнями взагалі. Як складники цієї системи у подальшому аналізуються такі об'єкти захисту: особи, потенційно небезпечні об'єкти й довкілля.

Аналіз характеру прояву надзвичайних ситуацій різного походження засвідчив, що для території України найхарактернішими є такі загрози, як аварії на промислових, цивільних і військових об'єктах, пов'язаних із втратою надійності та стійкості конструкцій, аварії (катастрофи) на транспорті, пожежі, вибухи на промислових об'єктах, пожежі у природних екосистемах, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних речовин на об'єктах

економіки (крім транспортних), метеорологічні НС, геологічні НС, отруєння людей, інфекційна захворюваність людей.

З урахуванням зазначених положень далі оцінюється рівень безпеки основних об'єктів захисту для регіонів України.

2.2 Оцінка рівня безпеки основних об'єктів захисту регіонів України

Автономна Республіка Крим має унікальне географічне розташування, значний рекреаційний потенціал і водночас низку загроз природного й техногенного походження, вияв яких може значно послабити стан безпеки регіону. АР Крим займає територію Кримського півострова, площа якого становить 27 тис. км², що складає 4,5% загальної площі території України [136, 139]. Чисельність населення станом на 01.01.2013 р. становила 1961,5 тис. осіб [172].

Джерелами *екологічних загроз* є діяльність підприємств хімічної промисловості, агропромислового комплексу, об'єктів теплоенергетики, житлово-комунального господарства, функціонування транспорту (забруднення атмосферного повітря викидами цих об'єктів). *Загрози природного характеру* представлені широким колом процесів і явищ геологічного, гідрометеорологічного та гідрологічного характеру, пожежами у природних екосистемах і загрозами медико-біологічного характеру, захворюваністю на соціально небезпечні хвороби [23, 38, 138]. *Загрози техногенного характеру* визначаються наявністю потенційно небезпечних об'єктів, що становлять значну радіаційну, хімічну, пожежовибухову, гідродинамічну небезпеку.

За даними МНС України, упродовж 2002–2013 рр. в АР Крим сталася 241 НС, у результаті чого загинули 312 і постраждали 875 осіб [137]. Статистичні оцінки інтенсивності надзвичайних ситуацій λ_i та ймовірності ураження p_{ij} наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика НС в АР Крим [98]

Вид НС	$\lambda_i \cdot 10^{-4}$, 1/год.	ρ_{ij}		
		Особи	Об'єкти	Довкілля
Аварії (катастрофи) на транспорті	3,90	0,21	0,75	0,25
Пожежі, вибухи	2,28	0,71	0,90	0,27
Метеорологічні НС	4,28	0,23	0,17	0,64
Пожежі у природних екосистемах	2,47	0	0	0,9
Інфекційна захворюваність людей	0,95	0,8	0	0
Отруєння людей	1,61	0,9	0	0

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, що мають найвище значення інтенсивності $4,28 \cdot 10^{-4}$ 1/год. Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті й пожежі у природних екосистемах.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, катастрофи на транспорті й метеорологічні НС. Найвищу загрозу для довкілля становлять пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження – 0,9), метеорологічні НС, а також пожежі, вибухи. Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ АР Крим, розраховані за даними табл. 2.2, представлено на рис. 2.1.

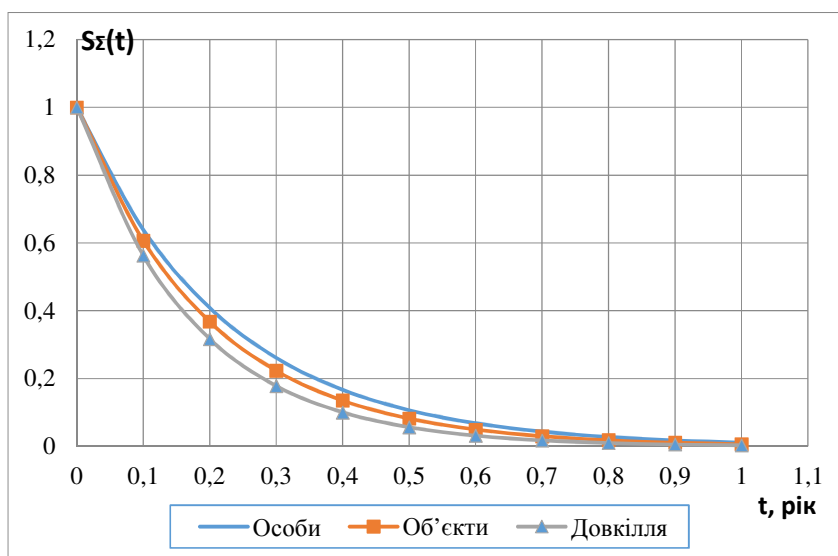


Рис. 2.1 – Рівень безпеки АР Крим

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що її рівні для особи, об'єктів і довілля півострова мають досить близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_z(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року (18 діб). Варто також зазначити, що найзахищенішими з-поміж трьох об'єктів захисту є особи, найменш захищеним – довілля. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Аналіз природно-техногенної безпеки АР Крим довів, що для жодного об'єкта захисту регіону не може бути забезпечений достатній рівень безпеки упродовж тривалого часу (понад 18 діб). Результати аналізу також свідчать про те, що нинішній стан природно-техногенної безпеки автономії не відповідає необхідному рівню, коли регіон спроможний успішно протистояти дестабілізуючим впливам зовнішніх і внутрішніх загроз і при цьому не створювати додаткових загроз для себе та навколишнього середовища.

Вінницька область розташована у центральній частині Правобережної України, її площа – 26,5 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1634,2 тис. осіб [136, 139]. З-поміж загроз природного характеру найбільш актуальними є метеорологічні явища, небезпечні екзогенні геологічні процеси,

пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю на території Вінниччини ПНО, серед яких значна частина підприємств формують радіаційну, хімічну, вибухову й пожежну небезпеку [38, 137]. *З-поміж загроз транскордонного характеру* виділяються загрози сейсмічного походження з боку Карпатських гір на території Румунії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i засвідчують, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($4,47 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі (вибухи) та отруєння людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, катастрофи на транспорті й аварії на електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,75).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Вінницької області представлено на рис. 2.2.

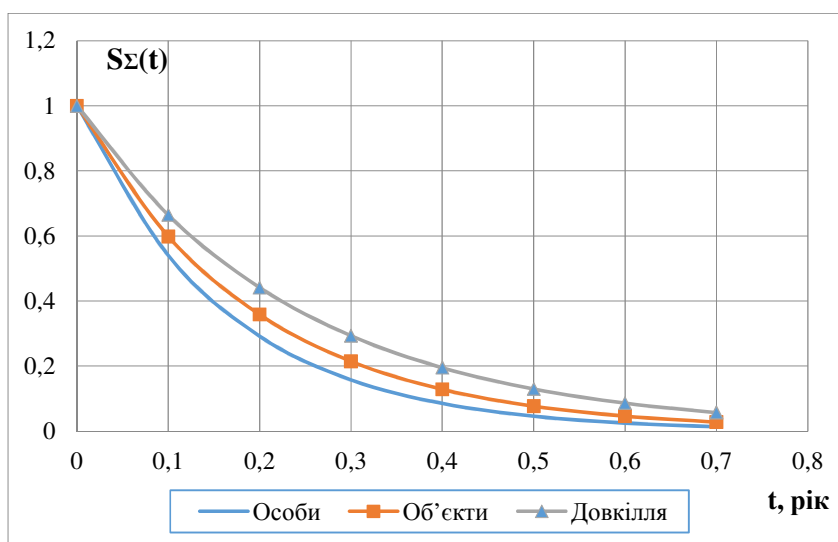


Рис. 2.2 – Рівень безпеки Вінницької області

Результати аналізу функцій безпеки демонструють, що рівні безпеки для особи, об'єктів і довкілля області мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,06 року (22 доби). Варто також зазначити, що найзахищенішим з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, найменш захищеним – особи. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Волинська область розташована в північній частині України та межує із Польщею та Білоруссю, її площа – 20,1 тис. км² [136, 139]. Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1038,6 тис. осіб. З-поміж *загроз природного характеру* найбільш актуальними є метеорологічні явища, небезпечні екзогенні геологічні процеси, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що формують радіаційну, хімічну, вибухову й пожежну небезпеку. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного та хімічного походження [38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту області становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($3,42 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають інфекційна захворюваність людей і пожежі (вибухи).

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Волинської області представлено на рис. 2.3.

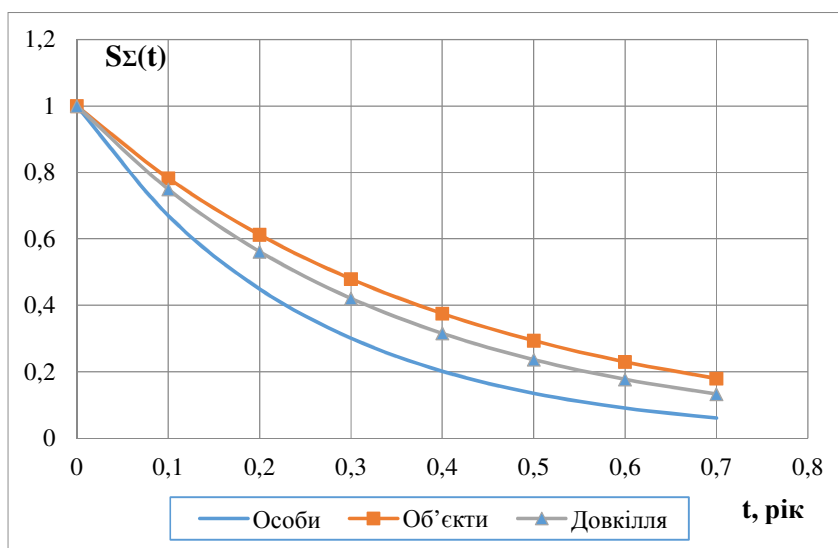


Рис. 2.3 – Рівень безпеки Волинської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для особи, об'єктів і довкілля мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,08 року (29 діб). Варто також зазначити, що найзахищенішим з-поміж трьох об'єктів захисту є об'єкти, найменш захищеними – особи. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Дніпропетровська область розташована в центральній частині України, її площа становить 31,9 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 3320,3 тис. осіб [172]. З-поміж *загроз природного характеру* найбільш актуальними є небезпечні екзогенні геологічні процеси, метеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких формують радіаційну, хімічну, вибухову, гідродинамічну й пожежну небезпеку [23, 38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i засвідчують, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять пожежі (вибухи), які мають найвище

значення інтенсивності ($6,28 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті та отруєння людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність і нещасні випадки з людьми. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії у системах життєзабезпечення. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становить наявність у навколишньому середовищі шкідливих речовин понад ГДК (значення ймовірності ураження – 0,8).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Дніпропетровщини представлено на рис. 2.4.

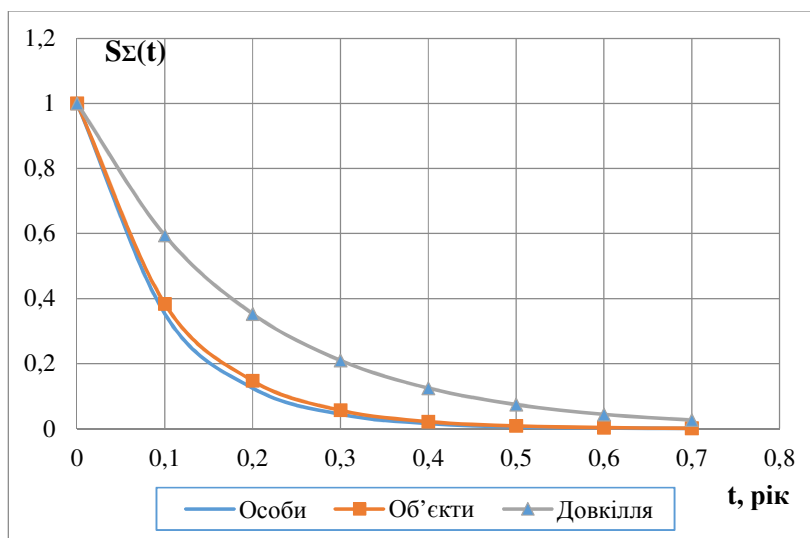


Рис. 2.4 – Рівень безпеки Дніпропетровської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для особи та господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) для них забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,02 року (8 діб). Варто також зазначити, що найзахищенішим з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого ($S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечений лише протягом 16 діб. Зважаючи на малу тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Донецька область розташована на південному сході України і характеризується найвищою в державі щільністю населення. Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 4403,2 тис. осіб, а площа території області – 26,5 тис. км² [139, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* найбільш актуальними є метеорологічні явища, небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрогеологічні загрози, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що включають значну кількість підприємств металургійної, хімічної, вугільної промисловості, енергетичного та машинобудівного комплексу, мережу продуктопроводів [23, 38]. У цілому за рівнем техногенної насиченості та кількістю промислових підприємств Донеччина посідає позиції лідера не лише в Україні, а й у Європі. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного походження від можливої аварії на Курській АЕС (Російська Федерація).

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшою загрозою для всіх об'єктів захисту є пожежі (вибухи), які мають найвище значення інтенсивності ($21,3 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) з-поміж усіх інших типів НС, можливих на території області. Привертає увагу той факт, що значення інтенсивності пожеж і вибухів майже на порядок перевищує значення інтенсивності для інших НС, що свідчить про надмірну техногенну завантаженість даного регіону. Після пожеж (вибухів) найбільшу інтенсивність тут мають аварії (катастрофи) на транспорті, раптове руйнування споруд та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту області свідчить про те, що за цим критерієм для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, нещасні випадки з людьми, а також пожежі, вибухи. Найбільш небезпечними за цим критерієм для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, раптове руйнування споруд і катастрофи на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять

пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження складає 0,8), метеорологічні НС, а також пожежі, вибухи.

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ для об'єктів захисту Донецчини представлено на рис. 2.5.

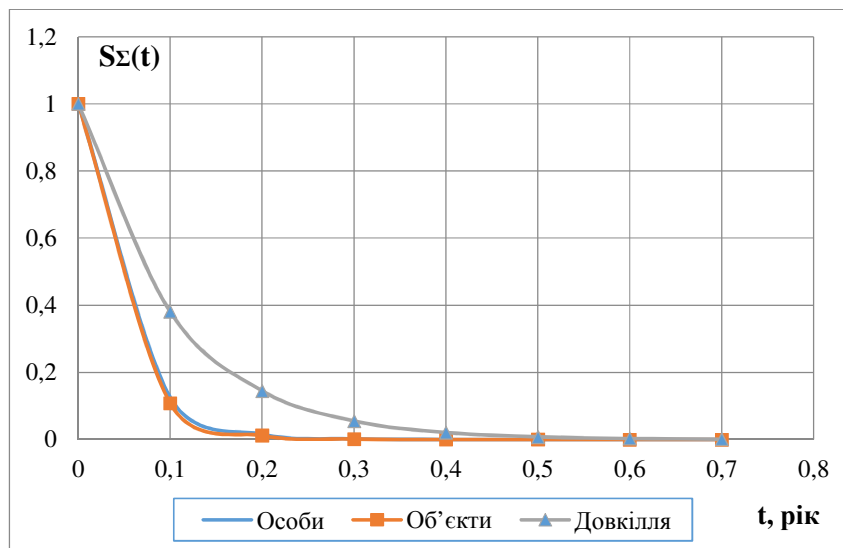


Рис. 2.5 – Функції безпеки об'єктів захисту Донецької області

Результати аналізу функцій безпеки свідчать про те, що рівні безпеки для особи та об'єктів господарювання мають досить близькі значення, тоді як рівень безпеки довкілля суттєво відрізняється у бік поліпшення. Дані рис. 4 засвідчують, що прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) протягом року для особи та господарських об'єктів забезпечуються лише упродовж 4 діб. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту області є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого можна очікувати упродовж 8 діб. Зважаючи на вкрай низьку тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, цілком очевидно, що отримані значення рівнів безпеки є недостатніми.

Житомирська область розташована у північній частині України, її площа – 29,9 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1273,2 тис. осіб [172]. З-поміж загроз природного характеру найбільш актуальними є небезпечні екзогенні геологічні процеси, комплексні гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. Загрози техногенного характеру зумовлені наявністю ПНО,

значна частина яких формують радіаційну, хімічну, вибухову й пожежну небезпеку [23, 38, 138]. З-поміж загроз *транскордонного характеру* актуальними є загрози радіаційного походження.

Згідно з результатами оцінки інтенсивності λ_i найбільшою загрозою для всіх об'єктів захисту області є метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($2,76 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі (вибухи) та отруєння людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9) та інфекційна захворюваність. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії (катастрофи) на транспорті. Найбільшу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_\Sigma(t)$ Житомирщини представлено на рис. 2.6.

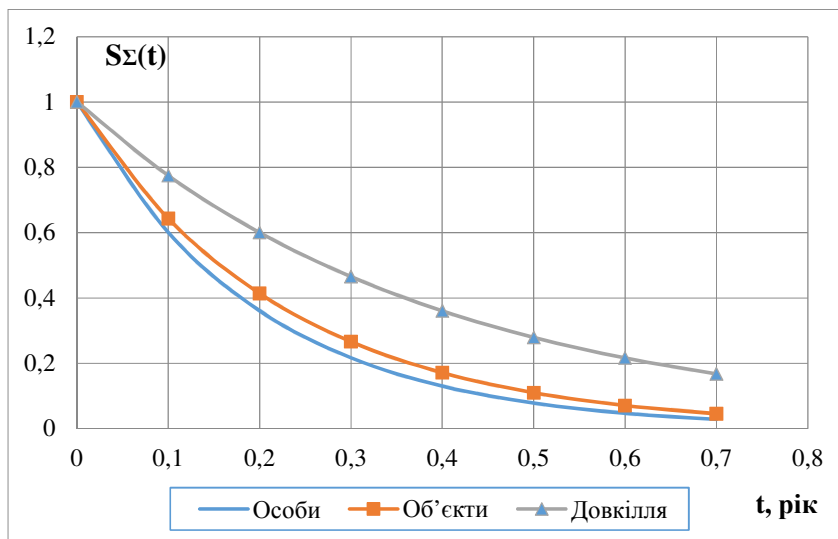


Рис. 2.6 – Рівень безпеки Житомирської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для особи та господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_\Sigma(t) \geq 0,8$) для них забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року (18 діб). Варто також зазначити, що

найзахищенішим з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого ($S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечений лише протягом 32 діб. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Закарпатська область розташована на південному заході України, її площа – 12,8 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1250,7 тис. осіб [172]. З-поміж *загроз природного характеру* найбільш актуальними є небезпечні екзогенні геологічні процеси, комплексні гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що формують вибухову, пожежну й хімічну небезпеку [38, 138]. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного (АЕС Болгарії, Угорщини та Словаччини) та сейсмічного походження (можливі землетруси на території Польщі, Угорщини, Румунії).

Результати оцінки інтенсивності λ_i засвідчують, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($5,42 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі (вибухи) та аварії в електроенергетичних системах.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння (значення ймовірності ураження складає 0,9) та інфекційна захворюваність. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії (катастрофи) на транспорті. Найбільшу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ для умов Закарпаття представлено на рис. 2.7.

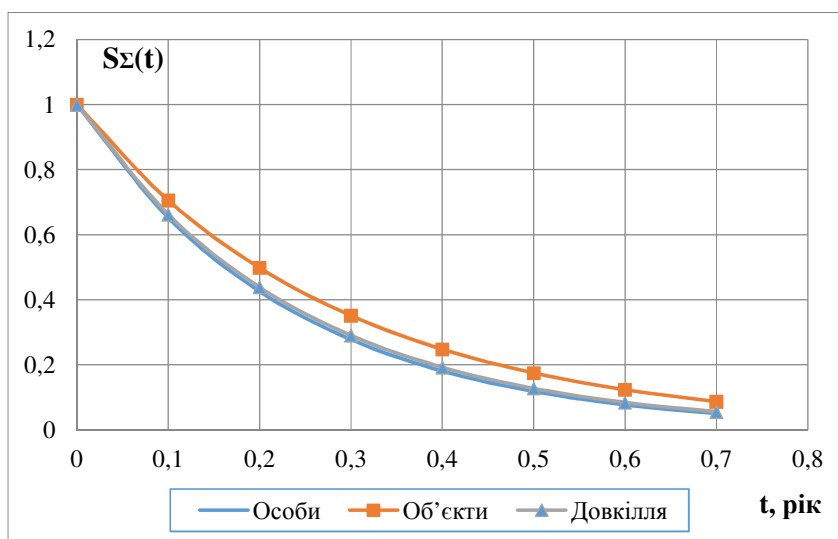


Рис. 2.7 – Рівень безпеки Закарпатської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для особи й довкілля мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) для них забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,06 року (22 доби). Варто також зазначити, що найбільш захищеними з-поміж трьох об'єктів захисту є господарські об'єкти, прийнятний рівень безпеки для яких ($S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечений лише протягом 25 діб. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Запорізька область розташована на півдні України, її площа – 27,2 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1791,7 тис. осіб [172]. З-поміж *загроз природного характеру* найбільш актуальними є комплексні гідрометеорологічні явища, небезпечні екзогенні геологічні процеси, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби, гідрологічні явища [23, 38]. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких формують вибухову, пожежну та хімічну небезпеку, в області також функціонує АЕС. З-поміж *загроз транскордонного характеру* актуальною є насамперед загроза радіаційного походження через функціонування Запорізької АЕС.

Результати оцінки інтенсивності λ_i демонструють, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять аварії в електроенергетичних системах, які мають найвище значення інтенсивності ($4,66 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі (вибухи) та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9) та інфекційна захворюваність. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії (катастрофи) на транспорті, аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,75).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Запорізької області представлено на рис. 2.8.

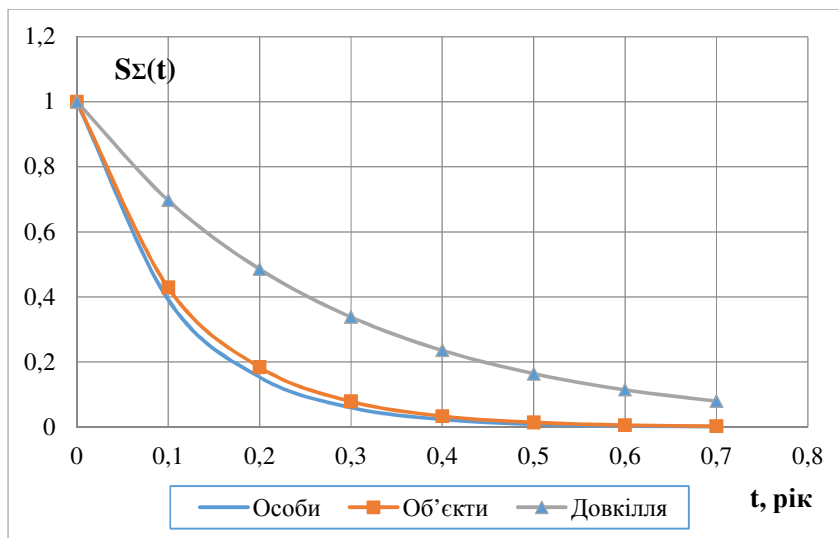


Рис. 2.8 – Рівень безпеки Запорізької області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) для них забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року (18 діб). Варто також зазначити, що найбільш захищеними з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого ($S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечується лише протягом 29 діб. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту

регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Івано-Франківська область розташована в західній частині України, її площа – 13,9 тис. км² [136, 139]. Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1380,1 тис. осіб. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, комплексні гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що формують вибухову, пожежну та хімічну небезпеку. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози сейсмічного походження через можливі землетруси в горах Вранча на території Румунії та загрози радіаційного характеру від функціонування АЕС Пакш в Угорщині [23, 38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту представляють метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($6,56 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) з-поміж усіх інших типів НС, можливих на території області. Після метеорологічних НС найбільшу інтенсивність мають отруєння людей, гідрологічні прісноводні НС та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту області засвідчує, що за цим критерієм для особи найбільшу загрозу становлять отруєння та інфекційна захворюваність людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), а також пожежі, вибухи. Найбільш небезпечними за цим критерієм для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, аварії (катастрофи) на транспорті, а також аварії в електроенергетичних системах. Найбільшу загрозу для навколишнього середовища становлять гідрологічні прісноводні та метеорологічні НС, для яких значення ймовірності ураження складає 0,75.

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ для об'єктів захисту Івано-Франківщини представлено на рис. 2.9.

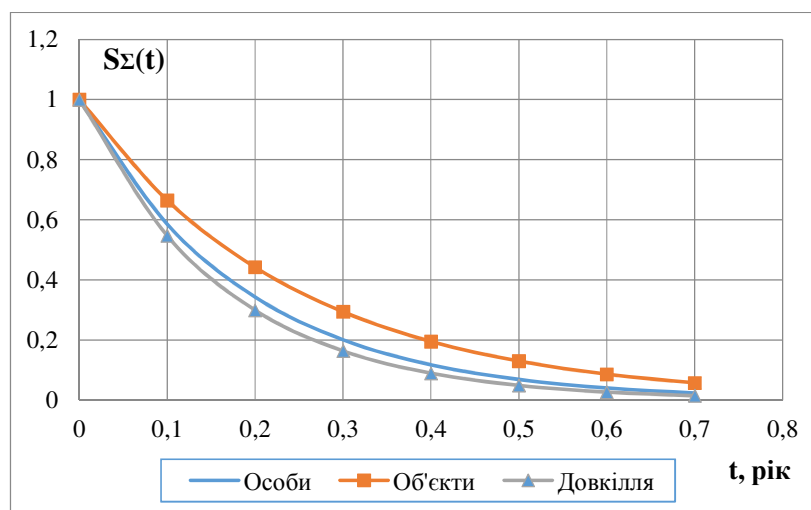


Рис. 2.9 – Рівень безпеки об'єктів захисту Івано-Франківської області

Результати аналізу функцій безпеки свідчать про те, що рівні безпеки для особи й довкілля мають відносно близькі значення, тоді як рівень безпеки об'єктів господарювання суттєво відрізняється у бік поліпшення. Дані рис. 2.11 демонструють, що прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) протягом року для особи й довкілля забезпечуються лише впродовж 15 діб. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох елементів захисту є господарські об'єкти, прийнятний рівень безпеки для яких можна очікувати упродовж 20 діб. Зважаючи на вкрай низьку тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, цілком очевидно, що отримані значення рівнів безпеки є недостатніми.

Київська область розташована в північно-центральної частині України, її площа – 28,1 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1719,5 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, комплексні гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на вибухову, пожежну та хімічну безпеку [38, 138]. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Курської та Смоленської АЕС у Росії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту області представляють аварії (катастрофи) на транспорті, які мають найвище значення інтенсивності ($3,61 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) з-поміж усіх інших типів НС, можливих на її території. Після аварій на транспорті найбільшу інтенсивність мають пожежі, вибухи, отруєння людей і метеорологічні НС.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту області свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, нещасні випадки, а також пожежі, вибухи. Найбільш небезпечними для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, катастрофи на транспорті й аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становить перевищення шкідливих речовин понад ГДК (значення ймовірності ураження складає 0,8) і метеорологічні НС.

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ для об'єктів захисту Київщини представлено на рис. 2.10.

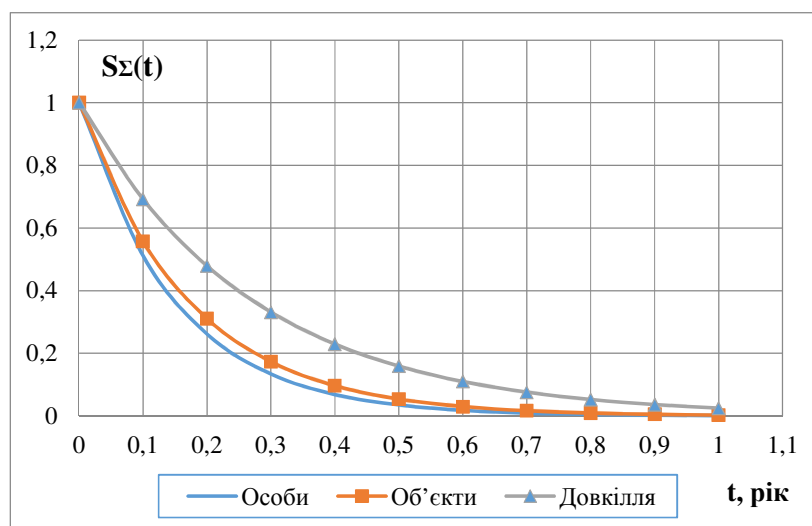


Рис. 2.10 – Функції безпеки об'єктів захисту Київської області

Результати аналізу функцій безпеки свідчать про те, що рівні безпеки для особи та об'єктів господарювання мають досить близькі значення, тоді як рівень безпеки довкілля суттєво відрізняється у бік поліпшення. Дані рис. 2.13 також демонструють, що прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) протягом

року для особи забезпечуються лише упродовж 11 діб, а для господарських об'єктів – 15 діб. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого можна очікувати упродовж 22 діб. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, цілком очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Кіровоградська область розташована в центральній частині України, її площа – 24,6 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1002,4 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, радіаційну й хімічну безпеку. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного походження від функціонування Курської АЕС у Росії, а також загрози сейсмічного походження [23, 38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($3,42 \cdot 10^{-4}$ 1/год.). Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, катастрофи на транспорті й аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7). Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Кіровоградської області представлено на рис. 2.11.

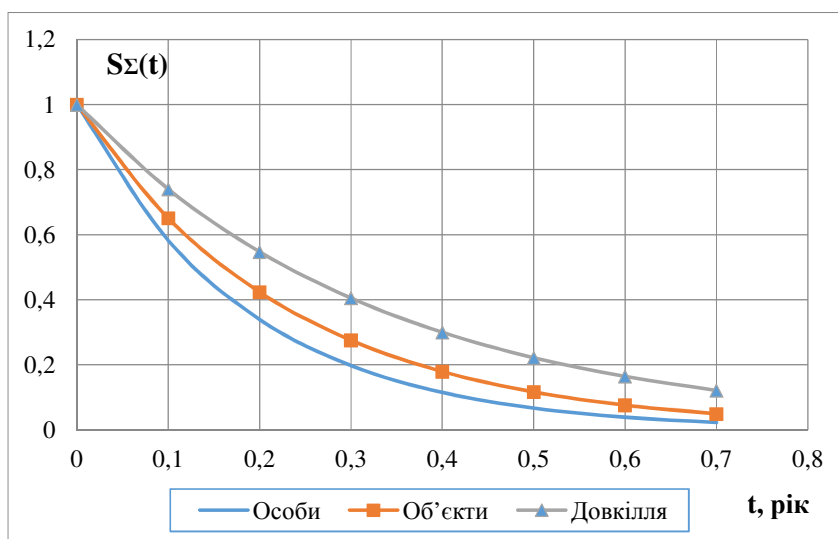


Рис. 2.11 – Рівень безпеки Кіровоградської області

Результати аналізу функцій безпеки демонструють, що рівні безпеки для осіб та господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 та 0,06 року відповідно. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки якого забезпечується протягом періоду 0,08 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Луганська область розташована у східній частині України і межує з Російською Федерацією, її площа – 26,7 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 2272,7 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси (підтоплення, просідання лесових ґрунтів), гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких впливає на вибухову, пожежну, хімічну, гідродинамічну безпеку. З-поміж *загроз транскордонного характеру* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Курської та Нововоронезької АЕС у Росії [23, 38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять пожежі й вибухи, які мають найвище значення інтенсивності ($11,22 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають отруєння людей та аварії (катастрофи) на транспорті. Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи, раптове руйнування споруд і катастрофи на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження – 0,9).

Функції безпеки $S_\Sigma(t)$ Луганщини представлено на рис. 2.12.

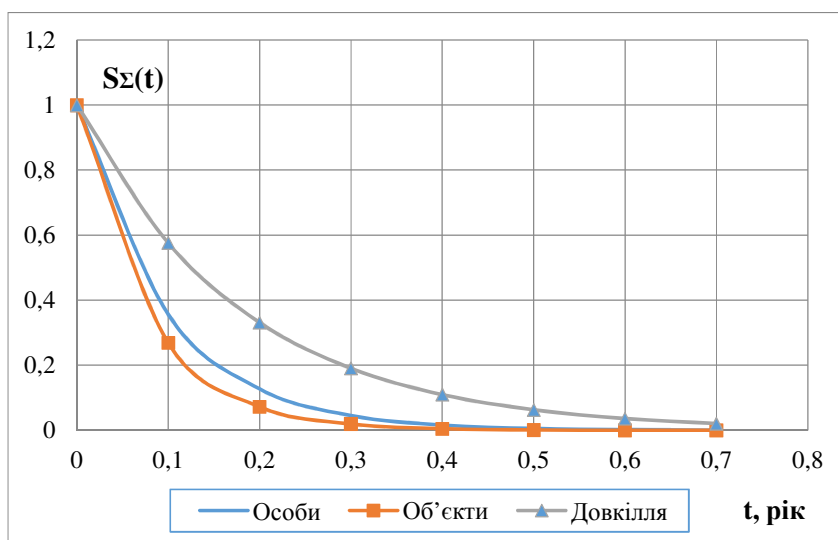


Рис. 2.12 – Рівень безпеки Луганської області

Результати аналізу функцій безпеки демонструють, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_\Sigma(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки якого забезпечується протягом періоду 0,08 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Львівська область розташована в західній частині України, її площа – 28,1 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 2540,9 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного та медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені функціонуванням ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку [23, 38, 138]. З-поміж *трансграничних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування АЕС на території Болгарії, Румунії, Литви, а також сейсмічні загрози від землетрусів з епіцентрами у Польщі, Словаччині, Румунії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($8,37 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті та пожежі, вибухи.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й катастрофи на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,75).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Львівщини представлено на рис. 2.13.

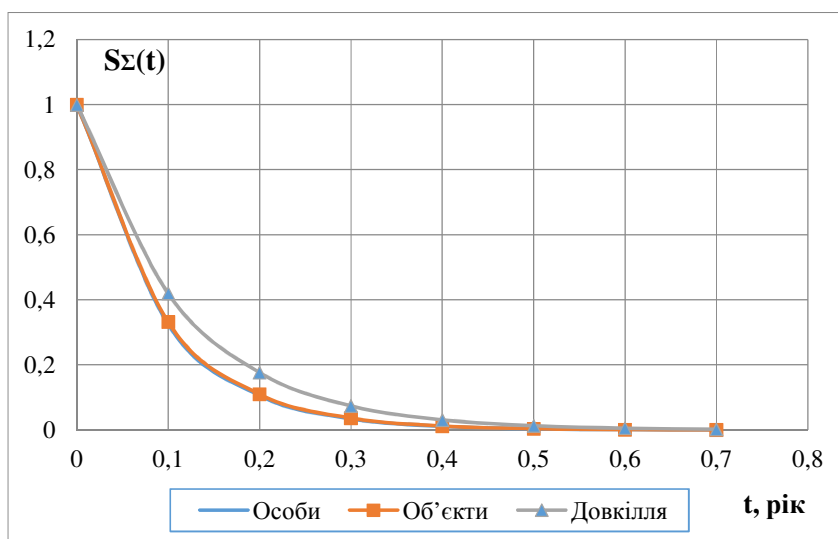


Рис. 2.13 – Рівень безпеки Львівської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,04 року. Варто також зазначити, що найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки якого забезпечується протягом періоду 0,05 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Миколаївська область розташована на півдні України, її площа – 24,6 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1178,2 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного та медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю на її території ПНО, значна частина яких впливає на радіаційну, вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку [23, 38, 138].

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище

значення інтенсивності ($5,51 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії в електроенергетичних системах і катастрофи на транспорті.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також пожежі, вибухи. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження – 0,9).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Миколаївщини представлено на рис. 2.14.

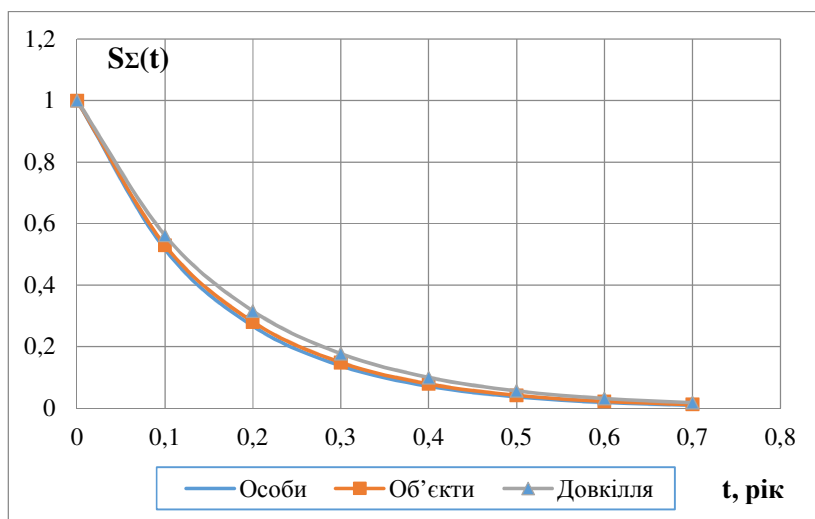


Рис. 2.14 – Рівень безпеки Миколаївської області

Результати аналізу засвідчують, що рівні безпеки для осіб, господарських об'єктів і довкілля мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Одеська область розташована в південно-західній частині України, межує з Румунією та Молдовою, її площа – 24,6 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 2388,3 тис. осіб [137, 172]. З-поміж загроз

природного характеру представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю на її території ПНО, що негативно впливають на вибухову, пожежну, хімічну безпеку [23, 38]. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування АЕС Росії, Литви, Болгарії, а також загрози забруднення р. Дунай підприємствами Румунії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять аварії (катастрофи) на транспорті, які мають найвище значення інтенсивності ($4,66 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають метеорологічні НС, пожежі та вибухи. Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також нещасні випадки з людьми. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_\Sigma(t)$ Одещини представлено на рис. 2.15.

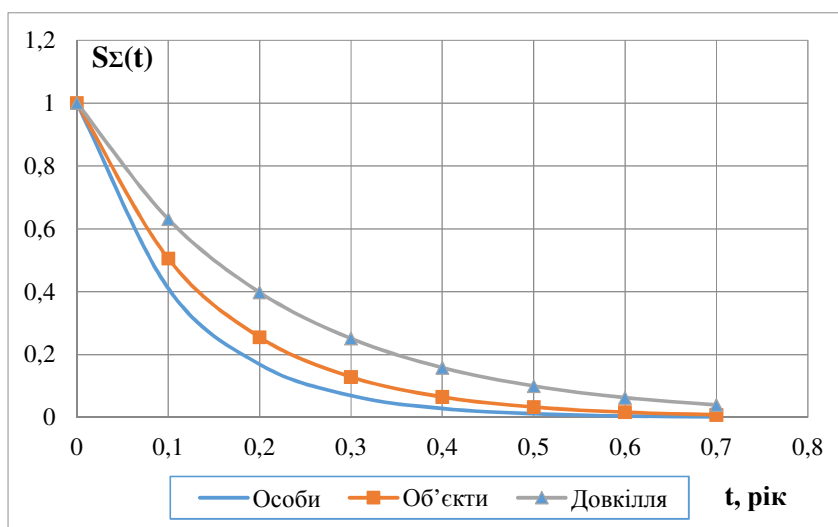


Рис. 2.15 – Рівень безпеки Одеської області

Результати аналізу демонструють, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,05 року. При цьому найбільш захищеним серед трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого становить 0,07 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Полтавська область розташована в центральній частині України в лісостеповій зоні, її площа – 28,7 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1477,2 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси (зсуви, карст, підтоплення), гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких впливає на радіаційну, вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку [38, 138]. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Запорізької АЕС, а також Курської та Смоленської АЕС у Росії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($2,28 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також нещасні випадки з людьми. Найбільш небезпечними для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для

навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Полтавської області представлено на рис. 2.16.

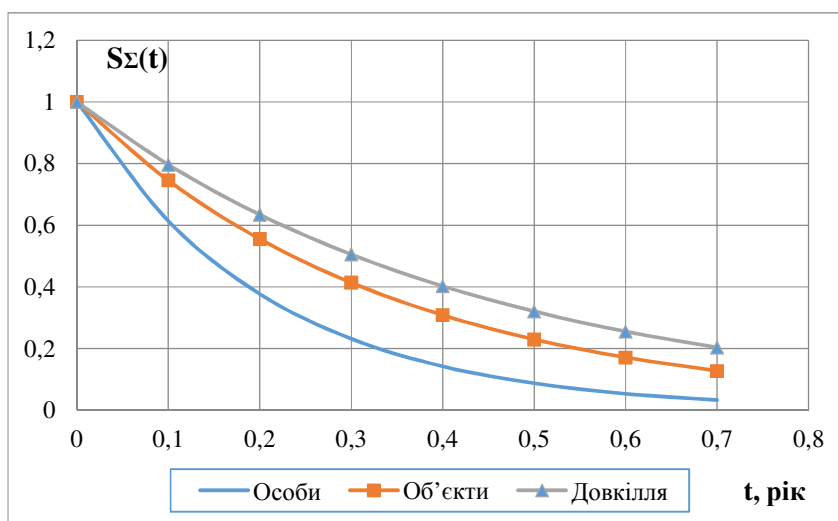


Рис. 2.16 – Рівень безпеки Полтавської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для довкілля й господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них ($S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,1 та 0,09 року відповідно. При цьому найменш захищеними з-поміж трьох об'єктів захисту є особи, прийнятний рівень безпеки для яких становить 0,05 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Рівненська область розташована на північному заході України, її площа – 20,1 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1154,3 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на радіаційну, вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *транскордонних загроз*

виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Рівненської АЕС, а також АЕС Росії, Литви, Болгарії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять аварії в електроенергетичних системах, які мають найвище значення інтенсивності ($5,13 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають метеорологічні НС та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9), інфекційна захворюваність, а також нещасні випадки з людьми. Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є аварії (катастрофи на транспорті) й аварії в електроенергетичних системах. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_\Sigma(t)$ Рівненської області представлено на рис. 2.17.

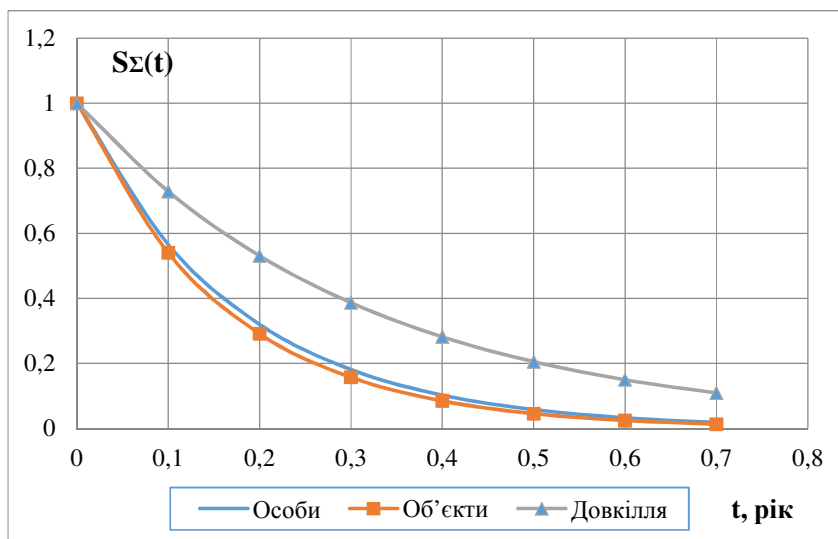


Рис. 2.17 – Рівень безпеки Рівненської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_\Sigma(t) \geq 0,8$) забезпечуються лише упродовж нетривалого часу – 0,04 року. При цьому найбільш захищеним з-

поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого становить 0,09 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Сумська область розташована на північному сході України, її площа – 23,8 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1152,3 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *трансграничних загроз* виділяються загрози хімічного характеру й можливі скиди забруднених стічних вод промислових підприємств Росії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту області становлять пожежі, вибухи, які мають найвище значення інтенсивності ($2,47 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають метеорологічні НС та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять інфекційна захворюваність людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Сумської області представлено на рис. 2.18.

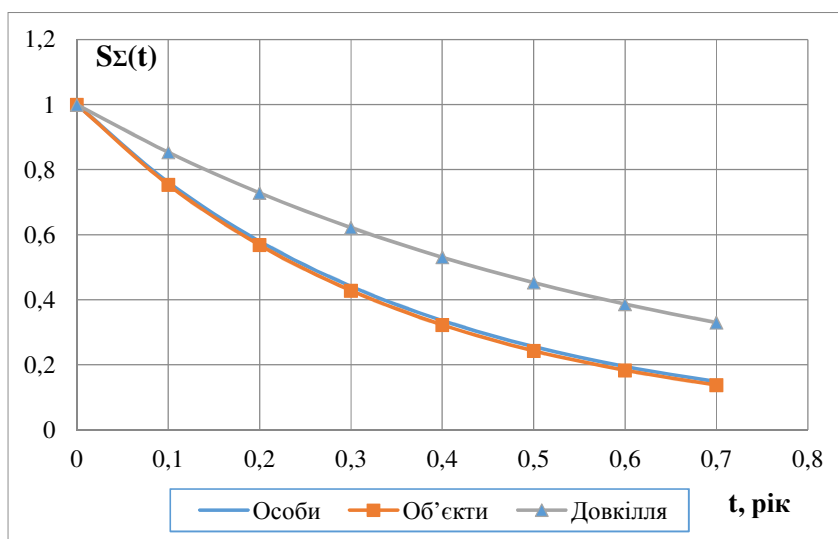


Рис. 2.18 – Рівень безпеки Сумської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж часу – 0,08 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого становить 0,1 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Тернопільська область розташована в західній частині України, її площа – 13,8 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1080,4 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю на її території ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Рівненської та Хмельницької АЕС.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище

значення інтенсивності ($5,32 \cdot 10^{-4}$ 1/год.). Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті й аварії в електроенергетичних системах.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять інфекційна захворюваність людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Тернопільської області представлено на рис. 2.19.

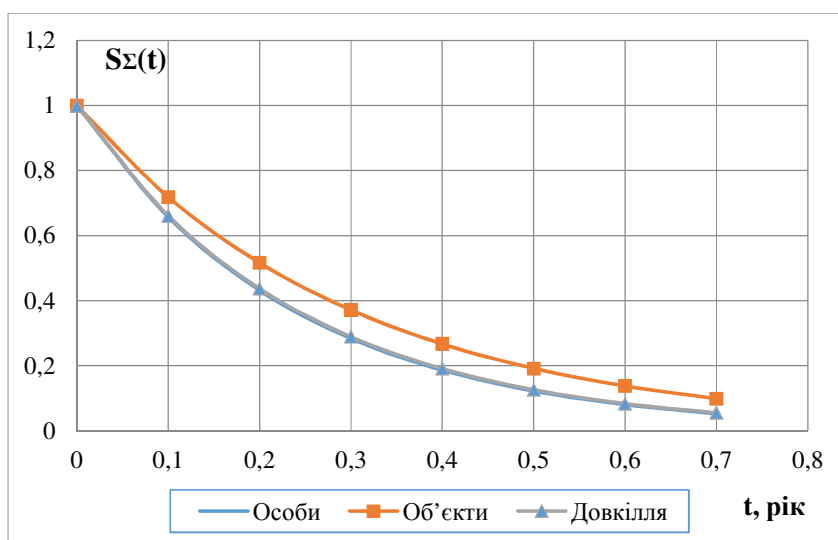


Рис. 2.19 – Рівень безпеки Тернопільської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і довкілля області мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,06 року. При цьому найбільш захищеними з-поміж трьох об'єктів захисту є об'єкти, прийнятний рівень безпеки для яких становить 0,08 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Харківська область розташована на північному сході України, її площа – 31,4 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 2742,2 тис. осіб

[138, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю на її території ПНО, серед яких значна частина підприємств машинобудівного, електроенергетичного та металообробного комплексів суттєво впливає на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку [23, 38, 138]. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Курської та Смоленської АЕС у Росії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять пожежі, вибухи, які мають найвище значення інтенсивності ($4,75 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті й метеорологічні НС.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять інфекційна захворюваність людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження – 0,8).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Харківської області представлено на рис. 2.20.

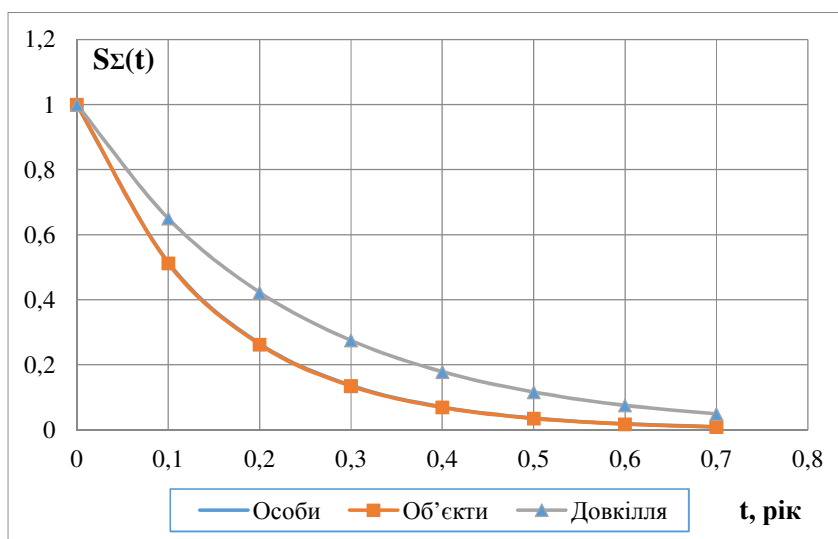


Рис. 2.20 – Рівень безпеки Харківської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,05 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого становить 0,07 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Херсонська область розташована на півдні України, її площа – 28,5 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1083,4 тис. осіб [138, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози сейсмічного походження від можливих землетрусів у Кримських горах.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для

об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять пожежі у природних екосистемах (значення ймовірності ураження – 0,9).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Херсонської області представлено на рис. 2.21.

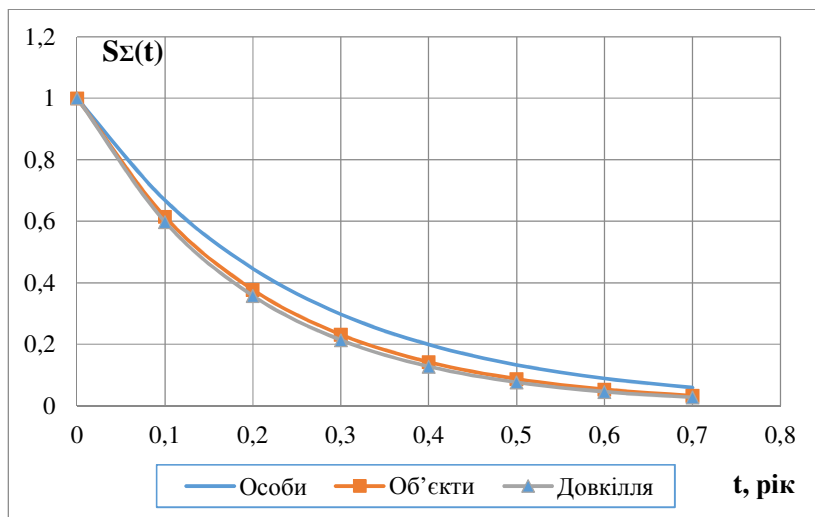


Рис. 2.21 – Рівень безпеки Херсонської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для довкілля та господарських об'єктів мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,05 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є особи, прийнятний рівень безпеки для яких становить 0,06 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Хмельницька область розташована в західній частині України, її площа – 20,6 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1320,2 тис. осіб [137, 138, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені гідрометеорологічні явища, небезпечні екзогенні геологічні процеси, пожежі у природних екосистемах, загрози гідрологічного й медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких впливає на радіаційну, вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку

[23, 38, 138]. З-поміж *транскордонних загроз* актуальними є можливі землетруси у горах Вранча в Румунії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($4,56 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії в електроенергетичних системах та аварії (катастрофи) на транспорті.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,9).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Хмельницької області представлено на рис. 2.22.

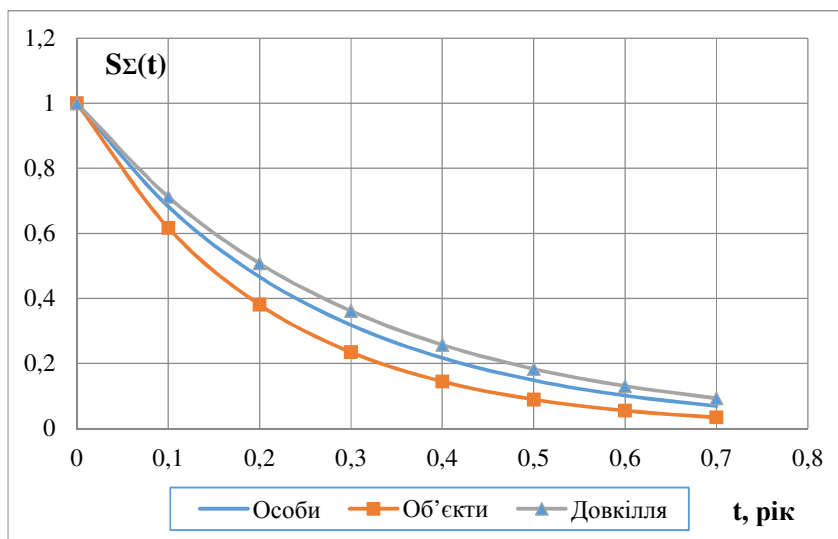


Рис. 2.22 – Рівень безпеки Хмельницької області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для довкілля й осіб мають порівняно близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,08 року. При цьому найменш захищеним з-поміж трьох елементів захисту є об'єкти, прийнятний рівень безпеки для яких становить 0,05 року. Зважаючи на

незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Черкаська область розташована в центральній частині України, її площа – 20,9 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1277,3 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного походження від функціонування Запорізької та Південноукраїнської АЕС.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($2,28 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,9) її наявність у навколишньому середовищі речовин понад ГДК.

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Черкаської області представлено на рис. 2.23.

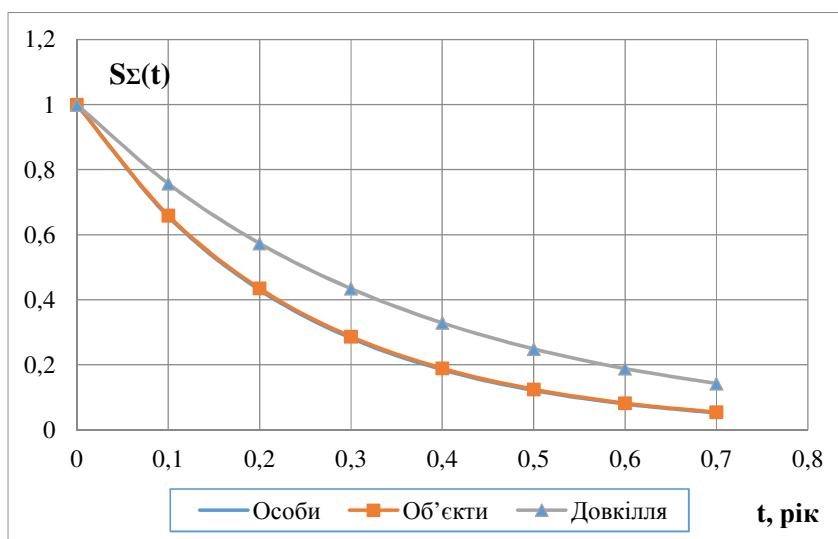


Рис. 2.23 – Рівень безпеки Черкаської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і господарських об'єктів мають дуже близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,07 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для якого становить 0,09 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Чернівецька область розташована в західній частині України, її площа – 8,1 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 905,3 тис. осіб [137, 172]. З-поміж *загроз природного характеру* представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, небезпечні гідрометеорологічні явища, пожежі у природних екосистемах, загрози медико-біологічного походження. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, значна частина яких впливає на вибухову, пожежну, гідродинамічну й хімічну безпеку. З-поміж *транскордонних загроз* актуальними є можливі аварії на хімічно небезпечних об'єктах Румунії та Молдови.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($4,94 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії в електроенергетичних системах та отруєння людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження трьох основних об'єктів захисту свідчить про те, що для особи найбільшу загрозу становлять отруєння людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найбільш небезпечними для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,7) та наявність у навколишньому середовищі шкідливих речовин понад ГДК.

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Чернівецької області представлено на рис. 2.24.

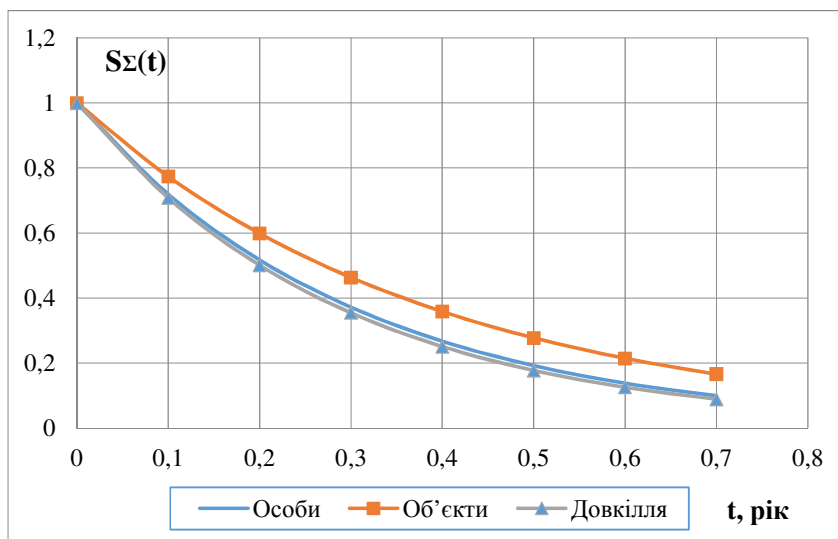


Рис. 2.24 – Рівень безпеки Чернівецької області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб і довкілля мають дуже близькі значення, причому прийнятні рівні безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,08 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є господарські об'єкти, прийнятний рівень безпеки для яких забезпечується упродовж 0,1 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

Чернігівська область розташована на півночі України, її площа – 31,9 тис. км². Станом на 01.01.2012 р. тут проживали 1088,5 тис. осіб [137, 172]. З-поміж загроз природного характеру представлені небезпечні екзогенні геологічні процеси, гідрометеорологічні явища, пожежі у природних

екосистемах, загрози медико-біологічного походження, захворюваність на соціально небезпечні хвороби. *Загрози техногенного характеру* зумовлені наявністю ПНО, що впливають на радіаційну, вибухову, пожежну, гідродинамічну та хімічну безпеку [23, 138]. З-поміж *транскордонних загроз* виділяються загрози радіаційного характеру від функціонування Курської та Смоленської АЕС у Росії, а також діяльність підприємств нафтопереробної та хімічної промисловості Білорусі й Росії.

Результати оцінки інтенсивності λ_i свідчать про те, що найбільшу загрозу для всіх об'єктів захисту становлять метеорологічні НС, які мають найвище значення інтенсивності ($3,71 \cdot 10^{-4}$ 1/год.) Після них найбільшу інтенсивність мають аварії (катастрофи) на транспорті та інфекційна захворюваність людей.

Аналіз даних щодо ймовірності ураження ρ_{ij} трьох основних об'єктів захисту засвідчує, що для особи найбільшу загрозу становить інфекційна захворюваність людей (значення ймовірності ураження складає 0,9). Найнебезпечнішими для об'єктів господарювання є пожежі, вибухи й аварії (катастрофи) на транспорті. Найвищу загрозу для навколишнього середовища становлять метеорологічні НС (значення ймовірності ураження – 0,75).

Функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ Чернігівської області представлено на рис. 2.25.

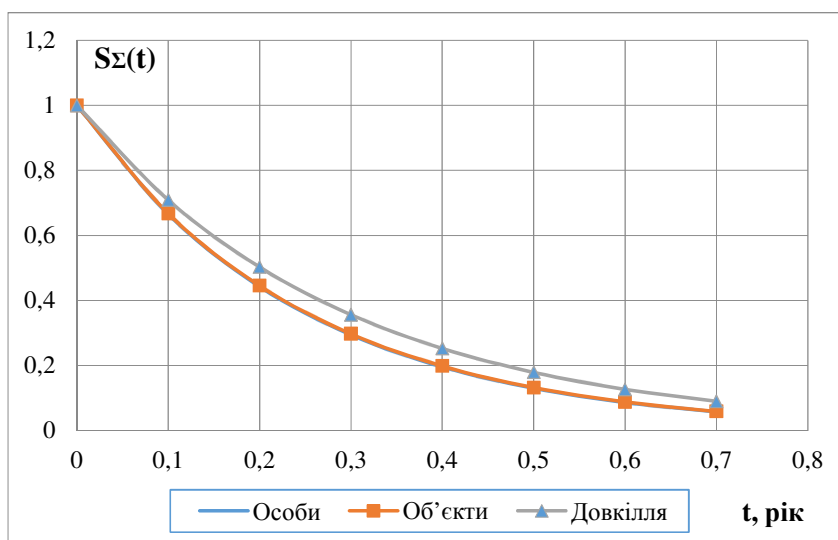


Рис. 2.25 – Рівень безпеки Чернігівської області

Результати аналізу функцій безпеки засвідчують, що рівні безпеки для осіб та об'єктів мають дуже близькі значення, причому прийнятні рівні

безпеки для них (при $S_{\Sigma}(t) \geq 0,8$) забезпечуються упродовж 0,06 року. При цьому найбільш захищеним з-поміж трьох об'єктів захисту є довкілля, прийнятний рівень безпеки для яких забезпечується упродовж 0,065 року. Зважаючи на незначну тривалість безпечного функціонування об'єктів захисту регіону, очевидно, що отримані значення рівнів безпеки не можна вважати достатніми.

2.3 Визначення швидкості зміни функцій безпеки основних об'єктів захисту регіонів

Отримані дані свідчать про те, що функції безпеки основних об'єктів захисту регіонів мають тенденцію до зниження в часі, що відбувається з різною швидкістю для відповідного регіону. Визначення такої швидкості можливо за допомогою використання функції *SLOPE* в середовищі *Microsoft Excel*. Дана функція дозволяє визначати нахил лінії лінійної регресії за точками даних аргументів відомих значень $S_{\Sigma(t)}$ і t . Розрахунок цієї функції відображає результат ділення вертикальної відстані на горизонтальну відстань між двома будь-якими точками лінії, тобто характеризує швидкість змінення значень функції уздовж прямої

$$b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} = \frac{\sum (t - \bar{t})(S(t) - \bar{S(t)})}{\sum (t - \bar{t})^2}, \quad (2.8)$$

де t і $S(t)$ – відповідно вибіркові середні значення часу та функції безпеки заданого регіону.

Результати розрахунків за вказаної залежності для основних об'єктів захисту регіонів (населення, господарські об'єкти та довкілля) певним чином характеризують швидкість зниження функції безпеки та відповідно і рівня безпеки заданого регіону України.

При цьому найбільше значення цього показника відображає найшвидшу зміну та відповідно зниження рівня безпеки по відношенню до інших регіонів

держави, в той час як найнижче значення показує, що функція безпеки регіону знижується більш повільно і даний регіон є більш захищеним.

Результати оцінки швидкості зміни функції безпеки для довкілля (рис. 2.26) демонструють, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту склалася в Донецькій області, де функція безпеки вкрай швидко змінюється у бік зниження.

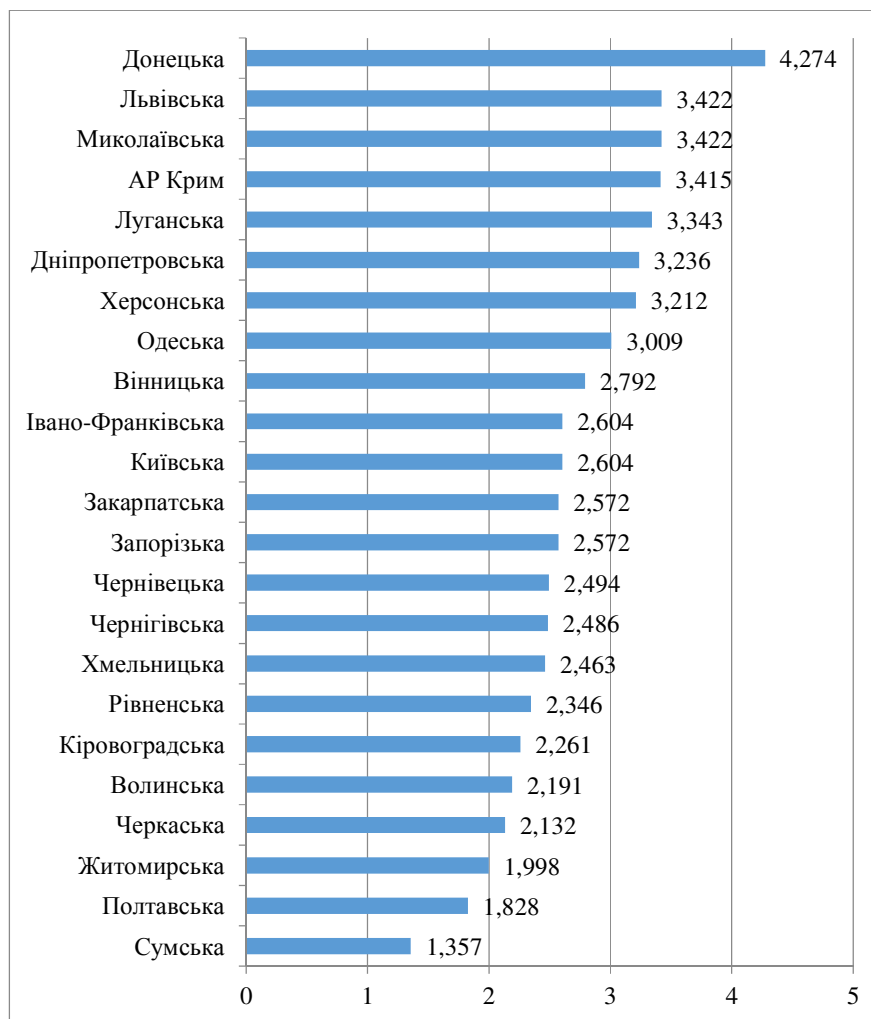


Рис. 2.26 – Швидкість зміни функції безпеки довкілля в регіонах України

Львівська, Миколаївська, АР Крим, Луганська, Дніпропетровська, Херсонська, Одеська області характеризуються низьким рівнем безпеки довкілля, хоча швидкість погіршення цього показника у них дещо менша порівняно з Донецькою областю.

Вінницька, Івано-Франківська, Київська, Закарпатська, Чернівецька, Чернігівська, Хмельницька області характеризуються помірним рівнем

безпеки довкілля, що певним чином відображає переважаючий розвиток сільського господарства та підприємств легкої промисловості в цих регіонах, що менш інтенсивно впливають на довкілля. Рівненська, Волинська, Кіровоградська, Черкаська області характеризуються високим рівнем, а Житомирська, Полтавська, Сумська області мають найвищий рівень безпеки довкілля, оскільки відповідно до отриманих даних функція безпеки в цих регіонах змінюється більш повільно.

Результати оцінки швидкості зміни функції безпеки для населення (рис. 2.27) показують, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту спостерігається також в Донецькій області, де функція безпеки найшвидше змінюється у бік зниження.

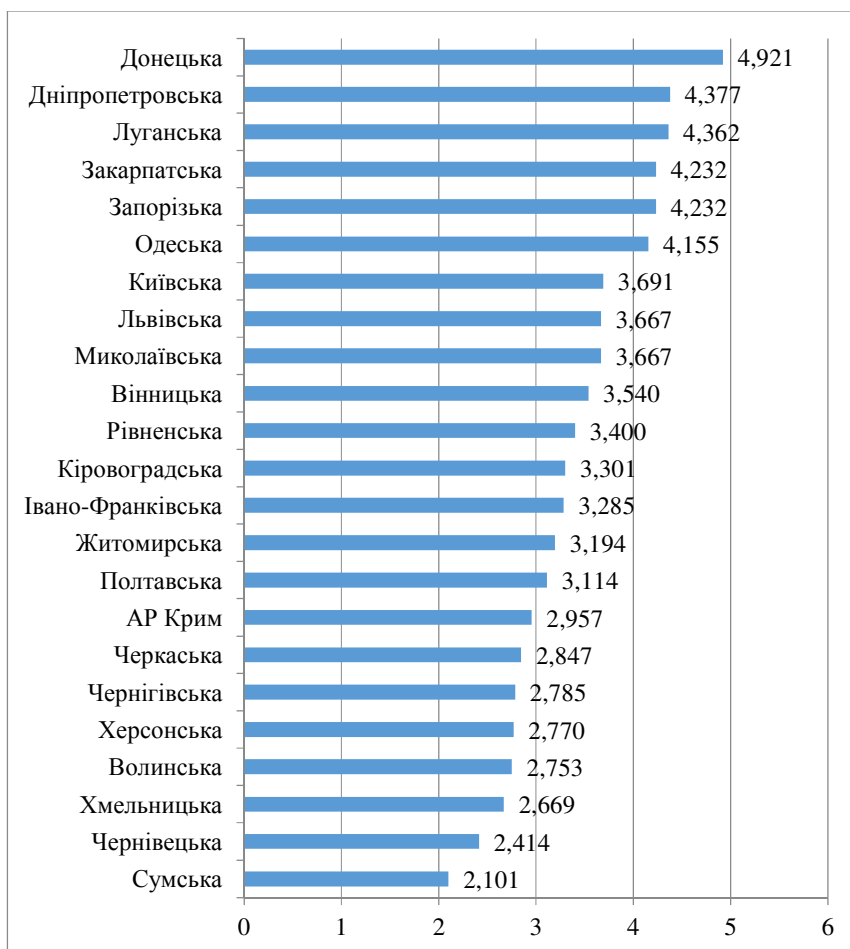


Рис. 2.27 – Швидкість зміни функції безпеки населення в регіонах України

Порівнюючи зміну функції безпеки для населення і довкілля для даного регіону можна відмітити, що населення в Донецькій області є менш

захищеним, ніж довкілля, оскільки швидкість зміни цієї функції для населення є більшою (4,921 та 4,274).

Дніпропетровська, Луганська, Запорізька, Закарпатська та Одеська області характеризуються низьким рівнем безпеки населення, хоча і дещо більшим, ніж у Донецькій. В більшості цих регіонів функціонують підприємства металургійної, хімічної, гірничо-видобувної промисловості, що характеризуються значними обсягами викидів небезпечних речовин і утворенням відходів. В цілому це негативно впливає на стан здоров'я населення і погіршує рівень безпеки його життєдіяльності.

Київська, Львівська, Миколаївська, Вінницька, Рівненська, Кіровоградська, Івано-Франківська, Житомирська, Полтавська області характеризуються помірним рівнем безпеки населення, враховуючи активізацію загроз природного і техногенного характеру на території цих регіонів держави.

АР Крим, Черкаська, Чернігівська, Херсонська, Волинська, Хмельницька області мають високий рівень безпеки населення, в той час як Чернівецька та Сумська області характеризуються найвищим рівнем безпеки населення. Привертає увагу той факт, що функції безпеки Сумської області мають найвище значення як для населення так і для довкілля серед інших регіонів держави.

Результати оцінки швидкості зміни функції безпеки для господарських об'єктів (рис. 2.28) показують, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту спостерігається також в Донецькій області, де функція безпеки також найшвидше змінюється у бік зниження. Порівнюючи зміну функції безпеки для населення, довкілля і господарських об'єктів для даного регіону можна відмітити, що об'єкти в Донецькій області є найменш захищеними серед інших елементів захисту (значення швидкості зміни функції безпеки становить 4,941).

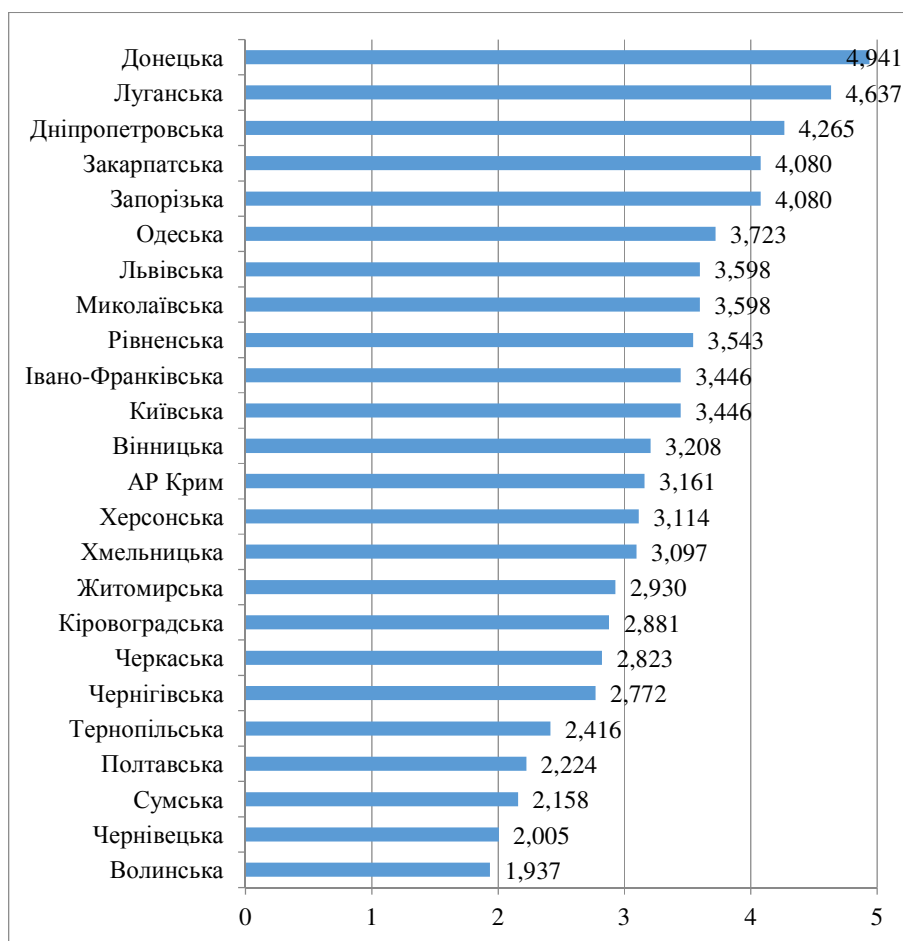


Рис. 2.28 – Швидкість зміни функції безпеки ПНО в регіонах України

Луганська, Дніпропетровська, Запорізька, Одеська, Закарпатська області характеризуються низьким рівнем безпеки об'єктів господарювання. В більшості з цих регіонів функціонують підприємства металургійної, хімічної, гірничо-видобувної промисловості, що характеризуються негативним впливом на населення і довкілля. Крім того, на території Донецької та Луганської областей відбуваються військові дії, що призводять в тому числі до пошкодження і руйнування промислових підприємств в результаті влучання бойових снарядів.

Львівська, Миколаївська, Рівненська, Івано-Франківська, Київська, Вінницька області характеризуються помірним рівнем безпеки об'єктів господарювання, що обумовлено функціонуванням силенних об'єктів переробної та легкої промисловості на їх території.

АР Крим, Херсонська, Хмельницька, Житомирська, Кіровоградська, Черкаська, Чернігівська області характеризуються високим рівнем захисту господарських об'єктів, що обумовлене переважаючим розвитком сільського господарства на їх території.

Тернопільська, Полтавська, Сумська, Чернівецька та Волинська області характеризуються найвищим рівнем захисту господарських об'єктів, що пояснюється спрямуванням економіки цих регіонів у напрямку розвитку легкої та переробної промисловості, а також переважаючим проявом загроз природного та гідрометеорологічного походження.

Висновки до розділу 2

1. Досліджено характер впливу природних і техногенних загроз на стан основних об'єктів захисту регіонів держави, що включають населення, господарські об'єкти та компоненти довкілля. Обґрунтовано використання теорії надійності для удосконалення методики оцінки рівня безпеки основних об'єктів захисту регіонів України.

2. Практичне відпрацювання методики на конкретних прикладах показало, що найбільш захищеними об'єктами захисту в західних регіонах держави є населення та довкілля, в той час як найменш захищеними в східних регіонах є господарські об'єкти та населення. Результати аналізу свідчать про те, що нинішній стан екологічної безпеки більшості адміністративних областей України не відповідає необхідному рівню, коли регіон спроможний успішно протистояти дестабілізуючим впливам зовнішніх і внутрішніх загроз.

3. Для більш обґрунтованої оцінки та порівняння рівня безпеки проведено оцінку швидкості змінювання у часі функції безпеки регіонів України для кожного об'єкту захисту. Визначення цього показника здійснено на основі розрахунку нахилу лінії лінійної регресії за точками даних аргументів відомих значень функції безпеки та часу. Найбільше значення цього показника відображає найшвидшу зміну та відповідно зниження рівня

безпеки по відношенню до інших регіонів держави, в той час як найнижче значення показує, що функція безпеки регіону знижується більш повільно і даний регіон є більш захищеним.

4. Результати оцінки швидкості зміни функції безпеки для довкілля показали, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту склалася в Донецькій області, де функція безпеки вкрай швидко змінюється у бік зниження. Львівська, Миколаївська, АР Крим, Луганська, Дніпропетровська, Херсонська, Одеська області характеризуються низьким рівнем безпеки довкілля, хоча швидкість погіршення цього показника у них дещо менша порівняно з Донецькою областю. Рівненська, Волинська, Кіровоградська, Черкаська області характеризуються високим рівнем, а Житомирська, Полтавська, Сумська області мають найвищий рівень безпеки довкілля, оскільки відповідно до отриманих даних функція безпеки в цих регіонах змінюється більш повільно.

5. Проведені оцінки швидкості зміни функції безпеки для населення показали, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту спостерігається в Донецькій області, де функція безпеки найшвидше змінюється у бік зниження. Порівнюючи зміну функції безпеки для населення і довкілля для даного регіону можна відмітити, що населення в Донецькій області є менш захищеним, ніж довкілля, оскільки швидкість зміни цієї функції для населення є більшою. АР Крим, Черкаська, Чернігівська, Херсонська, Волинська, Хмельницька області мають високий рівень безпеки населення, в той час як Чернівецька та Сумська області характеризуються найвищим рівнем безпеки населення. Визначено, що функції безпеки Сумської області мають найвище значення як для населення так і для довкілля серед інших регіонів держави.

6. Результати оцінки швидкості зміни функції безпеки для господарських об'єктів засвідчили, що найгірша ситуація для даного об'єкта захисту спостерігається в Донецькій області, де функція безпеки найшвидше змінюється у бік зниження. Порівнюючи зміну функції безпеки для населення, довкілля і господарських об'єктів для даного регіону можна відмітити, що

об'єкти в Донецькій області є найменш захищеними серед інших елементів захисту при значенні швидкості зміни функції безпеки 4,941.

7. Розглянута методологія оцінки рівнів безпеки забезпечує можливість здійснювати порівняльний аналіз стану екологічної безпеки адміністративних областей України, науково обґрунтовувати прийнятний рівень ризику для кожної з них, ефективніше розподіляти наявні кошти для попередження негативних наслідків НС між регіонами.

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [98, 74, 85, 90, 92, 150, 184, 97, 81].

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЗАГРОЗ БЕЗПЕЦІ КРИТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНІВ

Успадкований від колишнього СРСР комплекс гірничодобувних, хімічних, енергетичних та інших об'єктів із значною кількістю промислово-міських агломерацій (до 70% від загальної кількості населення), у теперішній ситуації зумовлює суттєве зростання ризиків виникнення техногенних екологічних катастроф з масштабними транскордонними наслідками через загрозу воєнних дій в місцях дислокації ПНО. Найбільшу загрозу серед них можуть представляти шахти та кар'єри, об'єкти критичної транспортної інфраструктури, підприємства хімічної промисловості та полігони токсичних відходів [23, 98, 137].

В Україні більше 5700 ПНО (23% від загальної кількості) зосереджено на території Донецької, Луганської та Харківської областей за просторовою щільності в 3 рази вище середньої. При цьому переважна частина з них є об'єктами критичної інфраструктури та експлуатується за умов наднормативної зношеності (до 70%), небезпечного зниження міцності порід підґрунтя внаслідок підтоплення, впливу корозії на конструктивні елементи нафто- і газопроводів, мостів, підземних комунікацій тощо.

Розвиток народного господарства, зокрема промисловості й аграрного виробництва, масштабні пасажирські перевезення, сприятливе географічне розташування України відносно інших країн Європи зумовило спорудження і розвиток на її території об'єктів критичної транспортної інфраструктури. До її складу відносяться просторово розвинуті мережі залізничних колій, магістральних газопроводів, електромереж та автошляхів, значна частина яких в умовах поширення глобалізаційних процесів трансформується у міжнародні транспортні коридори.

Враховуючи високий рівень інтеграції цих ОКТИ до європейських аналогічних систем сполучення і транспортування, можна стверджувати, що

їхнє безпечне функціонування стратегічно важливе для авторитету нашої країни та її національної безпеки, оскільки виникнення будь-яких інженерно-технічних або екологічних проблем під час експлуатації зазначених систем відчуватиметься і за межами території України. Саме тому всебічна підтримка ефективного функціонування ОКТИ потребує постійної уваги з боку державних органів виконавчої влади та забезпечення відповідного рівня фінансування заходів щодо моніторингу їхнього інженерно-технічного й екологічного стану, яке у зв'язку з фінансово-економічною кризою є недостатнім.

Треба також ураховувати, що значна частина інженерно-технологічного комплексу цих систем була побудована багато років тому за технічними вимогами, що нині внаслідок довгострокового впливу природних і техногенних чинників уже не відповідають проектним параметрам і тому потребує невідкладної реконструкції та ремонту. Крім того, за останнє десятиріччя збільшився вплив гідрометеорологічних чинників (потепління, підвищення опадів, частоти й висоти повеней тощо), які зумовлені глобальними змінами клімату [131, 199, 237, 242]. Погіршення умов експлуатації ОКТИ внаслідок старіння інженерних складників і погіршення геотехнічних параметрів (хімічна суфозія, електрохімічна корозія тощо) може прискорити процес руйнування їхніх відповідальних конструктивних елементів і значно підвищити ризик виникнення НС у межах природно-техногенних геосистем «техногенні об'єкти ОКТИ – зона змін навколишнього середовища».

Вказані чинники суттєво посилюються тим, що протягом останніх років на території України відбувається регіональна активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів (підтоплення, просадкові, зсувні й карстові процеси), що в цілому зумовлює збільшення інженерно-геологічних загроз за їхнім складом та інтенсивністю розвитку [12, 23, 75-82, 167]. Внаслідок техногенного перевантаження геологічного середовища України більшості НС останніми роками притаманний ланцюговий (повінь-зсуви, повінь-підтоплення) або синергетичний (геохімічне забруднення, агресивність

грунтів) характер, що, зрештою, негативно впливає на стан екологічної безпеки багатьох регіонів держави.

Регіональна активізація НЕГП на території України відбувається впродовж останніх 20–25 років при комплексній дії природних і техногенних чинників, що призводить до просторового збільшення НС різного характеру з негативними наслідками для населення та навколишнього середовища [23, 51, 167]. При цьому найбільшу загрозу для життєдіяльності населення та господарських об'єктів при випереджальному розвитку підтоплення й зволоження осадових порід зони аерації, у т.ч. лесово-суглинистих просадкових, становлять просідання і зниження міцності підгрунтя споруд, формування техногенних водоносних горизонтів у населених пунктах, активізація карстових процесів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Ураженість території України проявами НЕГП [98]

Регіони України	Ураженість території підтопленням, %	Ураженість території просіданням лесів, %	Ураженість території проявами карсту, %
Автономна Республіка Крим	16,39	12,70	48,80
Вінницька	3,38	72,00	20,80
Волинська	63,91	14,00	100,00
Дніпропетровська	22,64	70,00	22,20
Донецька	11,45	31,00	69,80
Житомирська	66,09	13,00	0,00
Закарпатська	23,63	0,00	6,30
Запорізька	11,74	67,70	27,60
Івано-Франківська	0,00	11,80	35,90
Київська	28,05	36,70	0,00
Кіровоградська	0,58	79,50	1,60
Луганська	0,62	13,00	99,60
Львівська	1,00	5,80	58,30
Миколаївська	52,12	36,20	70,70
Одеська	40,60	33,20	15,90
Полтавська	29,56	54,20	1,04
Рівненська	63,64	18,70	80,00
Сумська	1,78	30,60	42,00
Тернопільська	0,00	65,40	100,00

Регіони України	Ураженість території підтопленням, %	Ураженість території просіданням лесів, %	Ураженість території проявами карсту, %
Харківська	9,61	61,50	34,40
Херсонська	36,68	61,90	53,30
Хмельницька	0,00	70,50	65,50
Черкаська	0,38	64,10	0,00
Чернівецька	1,30	50,90	46,90
Чернігівська	54,65	34,40	13,20
Україна загалом	21,60	41,00	37,70

Комплексний аналіз рівня регіонального впливу геодинамічних параметрів ГС на загрози розвитку НС у зонах впливу ОКПІ дозволив виділити такі відмінності сучасної активізації НЕГП:

- природно-техногенне зменшення товщини порід зони аерації під впливом глобального потепління клімату, скорочення осінньо-зимового промерзання порід;
- збільшення площ техногенного підтоплення у промислово-міських агломераціях та гірничо-видобувних районах при затопленні нерентабельних шахт і кар'єрів;
- активізація змін рівноваги ТГС і погіршення інженерно-геологічної рівноваги ГС, що знижують стійкість схилових, прибережно-морських та інших ландшафтно-геологічних комплексів.

Останніми роками динаміка процесу підтоплення території України є прогресуючою із стійкою тенденцією до його активізації на регіональному рівні при постійному збільшенні площ підтоплення [137-139, 166, 193]. У цілому це дозволяє оцінювати процес регіонального підтоплення як головний чинник структури багаторівневого ризику природно-техногенного походження, враховуючи відносну фізичну аналогію його просторово-часового розвитку у структурі ГС і ТГС. За даними Державної служби геології та надр України та МНС України, найбільш несприятливі умови з підтоплення територій склалися у Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях, степовій зоні АР Крим, де

середній приріст площ прояву ділянок підтоплення становить 300 км²/рік. Крім того, на території цих регіонів у структурі верхньої зони порід геологічного середовища переважають слабо водостійкі лесові горизонти, що підсилює негативну дію підтоплення на безпеку функціонування складних ТГС «техногенний об'єкт – геологічне середовище».

Уявляється, що в умовах розвитку підтоплення порід, які перекривають закарстовані породи, необхідно більш ретельно оцінювати їхню здатність до фізичної та хімічної суфозії та об'ємних деформацій із просіданням денної поверхні, особливо в умовах впливу динамічних навантажень МТК. На наш погляд, в умовах розвитку усіх типів карсту підтоплення проявляється як синергетичний механізм, що збільшує ризик НЕГП, у т. ч. за техногенними чинниками.

В умовах зростаючих природних і техногенних змін геологічного середовища значну загрозу представляють території спільного впливу різних НЕГП, оскільки концентрація декількох НЕГП суттєво збільшує загрози НС геологічного походження від їхнього імовірного прояву для безпеки просторово розподілених життєзабезпечувальних і транспортних систем за рахунок додаткових навантажень на їх відповідальні конструктивні елементи [99].

До додаткових факторів подальшого загострення соціально-економічної ситуації і виникнення нових загроз національній безпеці в еколого-техногенній сфері можна віднести сучасний прояв на території України наслідків глобальних змін клімату (збільшення висоти і частоти повеней, посух, зледенінь та ін.), що активізує ерозію та погіршує врожайність земель, сприяє регіональній активізації небезпечних зсувних, просадкових, карстово-провальних процесів [51, 98, 166]. Крім того, зростає ризик виникнення транскордонних НС водно-екологічного походження внаслідок некерованого витоку солоних та забруднених вод із закритих шахт та кар'єрів у Карпатському регіоні та Східному Донбасі через забруднення річкових басейнів річок Дністер та Сіверський Донець.

Виконані оцінки сучасної техногенної порушеності складових життєзабезпечуючих компонентів навколишнього середовища засвідчили, що вона досягла рівня дестабілізуючого впливу на національну безпеку держави [23, 87-98]. В цілому це значно знижує рівень безпеки життєдіяльності, призводить до значних економічних втрат (5-10 млрд грн/рік) і людських жертв, а також формує додаткові ризики під час соціальних і військових конфліктів.

В даній роботі було враховано, що активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів на території певного регіону в зоні впливу ОКПІ призводить до формування ризику його пошкодження або руйнування, що визначається

$$R_d(G) = P_d(G) \cdot V_t(G) \cdot V_d(G) \cdot D_d = P_d(G) \cdot V_t(G) \cdot n_d \cdot n \cdot D_d, \quad (3.1)$$

де $P_d(G)$ - ймовірність активізації відповідного типу НЕГП (G), серед яких розглядаються підтоплення, карст, зсуви; $V_t(G)$ – уразливість території заданого регіону відповідним НЕГП; $V_d(G)$ – уразливість відповідного ОКПІ при активізації загрози G на території певного регіону; n – загальна довжина або вартість ОКПІ; n_d – частка довжини чи вартість пошкоджених або зруйнованих ОКПІ на території заданого регіону; D_d – загальна вартість пошкоджених ОКПІ на території регіону.

За даними МНС і Державної служби геології та надр України з допомогою ГІС-технологій здійснено просторову оцінку уразливості магістральних газопроводів на потенційно небезпечних територіях до впливу небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Дана оцінка проводилася у спосіб визначення середнього значення уразливості \bar{V}_d газопроводів при активізації підтоплення $V_d(G_1)$, карсту $V_d(G_2)$, зсувів $V_d(G_3)$ при 6 вимірюваннях.

При цьому похибка середнього значення визначалася

$$\overline{V}_d = t_{\gamma, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} = t_{\gamma, n-1} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{di} - \overline{V}_d)^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

де $t_{\gamma, n-1}$ - коефіцієнт Стюдента, що за довірчої ймовірності $\gamma = 0,95$ та кількості ступенів свободи $f=n-1=6-1=5$ становить $t_{\gamma, n-1} = 2,8$; S – середньоквадратична похибка; n – кількість вимірювань. При визначенні уразливості магістральних газопроводів на державному рівні за виразом (3.2) отримані наступні значення похибок: $\Delta \overline{V}_d(G_1) = 1,6$; $\Delta \overline{V}_d(G_2) = 4,3$; $\Delta \overline{V}_d(G_3) = 1,1$.

3.1 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних електромереж

Відповідно до даних Міністерства енергетики та вугільної промисловості України останнім часом відбулося певне зростання обсягів виробництва електроенергії та обсягів транспортування природного газу [99, 102]. За даними МНС [137-139], в електроенергетичній галузі України експлуатуються близько 1 млн км повітряних і кабельних магістральних електромереж усіх класів напруги, а також 203 тис. од. трансформаторних підстанцій напругою 6–750 кВ загальною потужністю 201 тис. МВА. Магістральні електричні мережі напругою 220–750 кВ налічують 131 підстанцію загальною потужністю 76,8 тис. МВА та 22,5 тис. км повітряних магістральних електромереж. У магістральних електромережах напругою 220 та 330 кВ потребують відновлення 63 % повітряних ліній напругою 220 кВ і 19 % – напругою 330 кВ від їх загальної довжини.

Зазначені чинники додатково посилюються тим, що протягом останніх 20 років на значній частині території України відбувається регіональна активізація НЕГП при комплексній дії техногенних і природних чинників, що призводить до збільшення кількості НС різного характеру з негативними наслідками для населення та навколишнього середовища [17-25, 39, 98, 136]. При цьому найбільшу небезпеку для життєдіяльності населення та

господарських об'єктів при випереджальному розвитку регіонального підтоплення земель становлять зниження міцності та просідання лесових ґрунтів, формування техногенних водоносних горизонтів у промислово-міських агломераціях, активізація карстово-суфозійних процесів.

Загроза таких процесів значно зростає в місцях дислокації потенційно небезпечних об'єктів, що відрізняються підвищеною чутливістю до зниження інженерно-геологічної стійкості техногенно-геологічних систем (ТГС) «техногенний об'єкт – геологічне середовище» [95, 189-192]. В умовах порушення рівноваги ТГС активізація НЕГП на території промислових майданчиків, залізничних колій, нафто- та газопроводів тощо може спричинити виникнення НС переважно інженерно-геологічного походження із значними негативними наслідками для життєдіяльності населення й об'єктів господарювання, що перебувають у зонах впливу цих об'єктів або функціонування яких безпосередньо пов'язане з ними.

Зазначені чинники зумовлюють необхідність уточнення змін інженерно-геологічних умов і підвищення рівня безпеки функціонування магістральних електромереж, а також прогнозу рівня загроз для них з боку НЕГП, оскільки площинний характер прояву таких процесів може викликати додаткові деформації відповідальних конструктивних елементів і призводити до аварійних відмов обладнання.

Останніми роками підтоплення території України має прогресуючий характер і стійку тенденцією до активізації на регіональному рівні з постійним збільшенням площ [50, 137, 167]. За даними ДСНС і Державної служби геології та надр України найбільш несприятливі умови з підтоплення територій склалися насамперед у південних і східних регіонах, де середній приріст підтоплення становить до 300 км²/рік. За існуючими даними, з 1982 р. відбулося подвоєння площ підтоплення земель на регіональному рівні та у промислово-міських агломераціях.

Ураженість території України підтопленням і розташування магістральних електромереж у межах його регіональних зон показана на рис. 3.1.

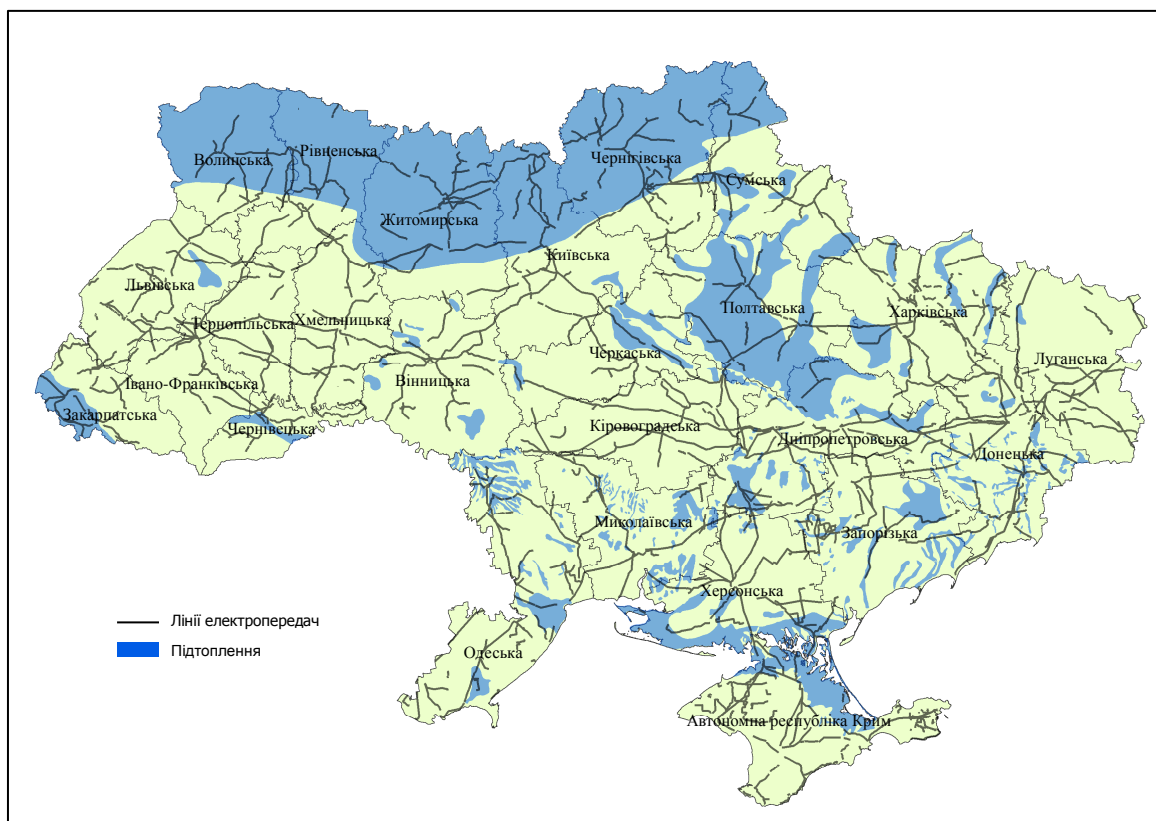


Рис. 3.1 – Схема розповсюдження зон регіонального підтоплення земель і ділянок його можливих загроз безпеці МЕМ [98]

З використанням технологій геоінформаційних систем здійснено просторову оцінку загроз від підтоплення для безпеки функціонування МЕМ. Фізичною основою критерію безпеки експлуатації МЕМ прийнято ділянки таких електромереж у зонах стійкого просторово-часового розвитку підтоплення земель, а його кількісної величини (відсоток довжини ділянок МЕМ) у межах зон підтоплення [98]. Результати оцінки для території адміністративних областей України представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Загрози від підтоплення для безпеки МЕМ в регіонах України

Адміністративні області	Площа, тис. км ²	Ураженість території підтопленням, тис. км ²	Частка довжини МЕМ на уражених територіях, %
АР Крим	27	4,43	10,9
Вінницька	26,2	0,054	0,0
Волинська	20,2	13,91	71,1
Дніпропетровська	31,9	7,3	20,7
Донецька	26,5	7,67	8,0
Житомирська	29,9	20,13	90,1
Закарпатська	12,8	3,02	40,2
Запорізька	27,2	3,2	17,8
Івано-Франківська	13,9	0,008	0,0
Київська	28,9	8,1	47,6
Кіровоградська	24,6	0,142	1,5
Луганська	26,7	0,164	1,9
Львівська	21,8	0,218	0,8
Миколаївська	24,6	10,672	10,6
Одеська	33,3	9,975	16,8
Полтавська	28,8	8,5	67,1
Рівненська	20,1	12,8	53,2
Сумська	23,8	0,423	40,8
Тернопільська	13,8	0	0,0
Харківська	31,4	3,02	13,4
Херсонська	28,5	7,79	22,5
Хмельницька	20,6	0,014	3,9
Черкаська	20,9	0,08	4,8
Чернівецька	8,1	0,4	11,5
Чернігівська	31,9	4,4	70,0
Усього	603,4	126,42	23,2

Аналіз цієї таблиці дозволяє виявити небезпечні області з погляду найбільшої протяжності МЕМ, які перебувають у зонах імовірного прояву підтоплення, а також здійснити ранжирування адміністративних областей України за таким критерієм.

Отримані дані свідчать про те, що найбільш несприятливі умови з погляду функціонування МЕМ в умовах можливих загроз від підтоплення склалися у Житомирській, Волинській, Чернігівській, Полтавській, Рівненській областях, оскільки понад 50 % МЕМ у них розташовано під

загрозою підтоплення. Слід узяти до уваги, що Волинська, Рівненська, Житомирська та Чернігівська області розташовані в зоні Українського Полісся, яке відрізняється переважанням у верхній зоні геологічного розрізу піщаних ґрунтів, які є відносно стійкими в умовах перезволоження.

У зв'язку з цим доцільно відзначити наступний закономірний зв'язок між розвитком підтоплення земель та активізації внаслідок цього більшості небезпечних ЕГП. Якщо регіональне підтоплення останніми роками розвивається у достатньо сталому просторово-часовому режимі (подвоєння площ підтоплення протягом 20–25 років), то активізація в його зонах більшості небезпечних ЕГП має імовірно ритмічний характер із зростанням кількості проявів переважно у роки з підвищеним рівнем опадів (3–4, 7–13, 26–34 років). Потрібно також зазначити, що найбільш комплексним впливом підтоплення відрізняється в межах міст і селищ України, загальна площа яких складає близько 3 % площі її території, але в них зосереджено до 70 % населення, що суттєво підвищує (до 10–100 разів) вплив підтоплення на безпеку життєдіяльності [21, 23, 76–88].

За даними Державної служби геології та надр України та МНС України, на 38 % території держави поширені породи, в яких можуть відбуватися процеси і природного, і техногенно активізованого карстоутворення, а на 24 % території карст може безпосередньо впливати на господарську діяльність [137–139]. Ураженість території України карстовими процесами й розташування МЕМ показано на рис. 3.2.

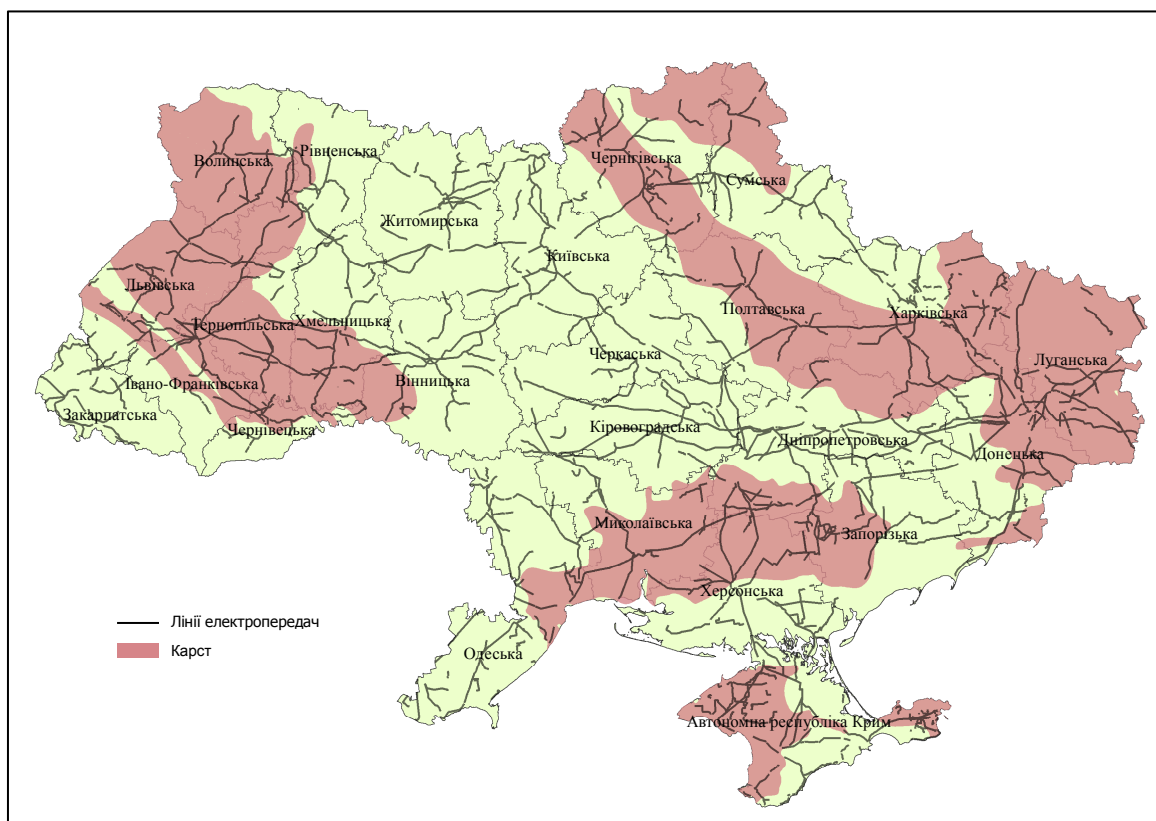


Рис. 3.2 – Загрози від карсту для безпеки МЕМ на території адміністративних областей України

Наведені дані свідчать, що найбільша небезпека від прояву карсту існує насамперед у західних, східних і південних областях України [98, 137]. Це стосується передусім територій АР Крим, Вінницької, Волинської, Донецької, Луганської, Львівської, Миколаївської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей.

З допомогою ГІС-технологій здійснено просторову оцінку карстових загроз для безпеки магістральних електромереж в адміністративних областях України, результати якої наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Загрози від карсту для безпеки МЕМ в регіонах України

Регіони України	Площа, тис. км ²	Ураженість території карстом, тис. км ²	Частка довжини МЕМ на уражених територіях, %
АР Крим	27,0	13,2	64,5
Вінницька	26,2	5,4	19,3
Волинська	20,2	17,4	96,2
Дніпропетровська	31,9	7,1	30,5

Регіони України	Площа, тис. км ²	Ураженість території карстом, тис. км ²	Частка довжини МЕМ на уражених територіях, %
Донецька	26,5	18,5	59,8
Житомирська	29,9	0,0	0,0
Закарпатська	12,8	0,8	0,0
Запорізька	27,2	7,5	44,4
Івано-Франківська	13,9	5,0	81,0
Київська	28,9	0,0	0,0
Кіровоградська	24,6	0,4	0,7
Луганська	26,7	26,6	100,0
Львівська	21,8	12,7	79,7
Миколаївська	24,6	17,4	63,0
Одеська	33,3	5,3	16,5
Полтавська	28,8	0,3	1,1
Рівненська	20,1	16,1	14,9
Сумська	23,8	10,0	23,5
Тернопільська	13,8	13,1	84,7
Харківська	31,4	10,8	64,6
Херсонська	28,5	15,2	47,8
Хмельницька	20,6	13,5	48,2
Черкаська	20,9	0,0	0,0
Чернівецька	8,1	3,8	63,9
Чернігівська	31,9	4,2	70,8
Усього	603,4	227,8	43,0

Аналіз цієї таблиці дозволяє виявити найбільш небезпечні регіони відносно частки довжини МЕМ, які перебувають під загрозою прояву карсту, а також здійснити ранжирування адміністративних областей України за таким критерієм. Отримані результати свідчать, що найбільша небезпека від можливого прояву карсту існує для тих МЕМ, які розташовані у Луганській, Волинській, Тернопільській, Івано-Франківській, Львівській, Чернігівській, Харківській областях та АР Крим. За результатами здійснених оцінок у середньому понад 50 % МЕМ у зазначених областях перебувають під загрозою прояву карсту. Крім того, МЕМ Луганської та Волинської областей майже по всій довжині перебувають у зонах карстових загроз, які останніми роками мають підвищену тенденцію до реалізації внаслідок випереджального

розвитку процесів підтоплення, у т. ч. унаслідок закриття шахт, значних втрат води з гідротехнічних споруд, а також глобальних змін клімату.

3.2 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних газопроводів

Ураженість території України найбільш актуальними ЕГП, а також загрози їх прояву для функціонування магістральних газопроводів показані на рис. 3.3.

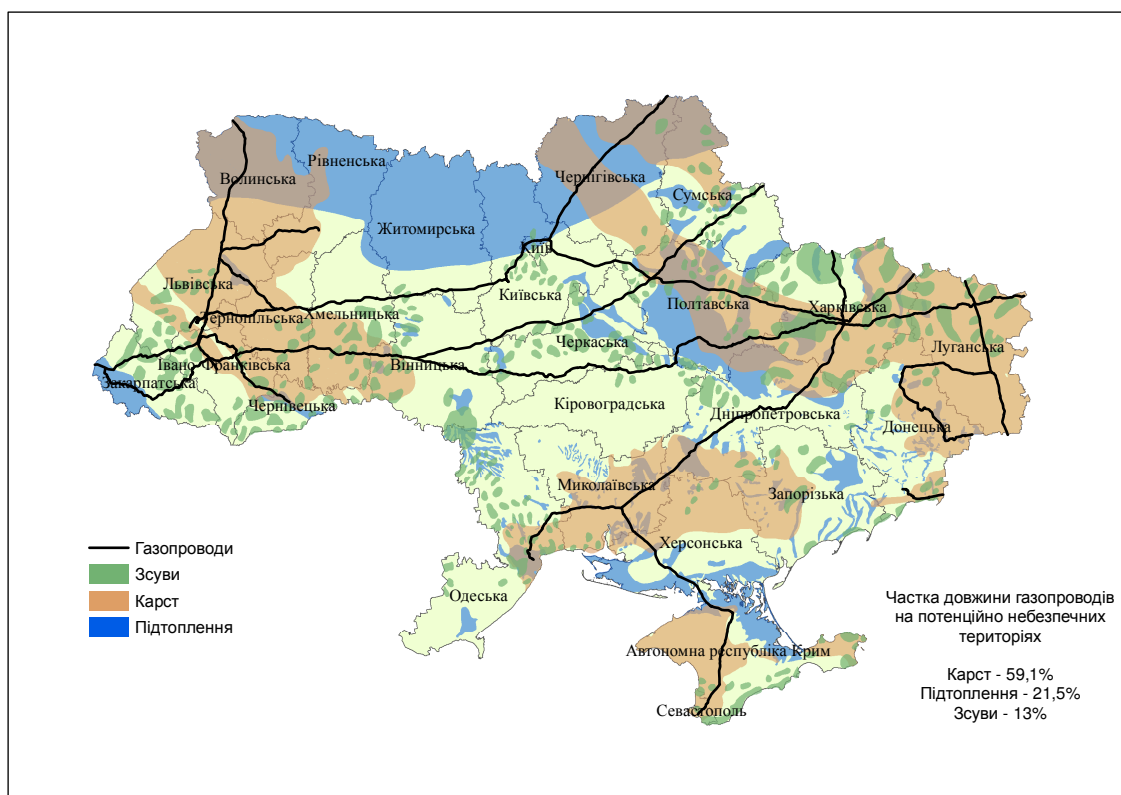


Рис. 3.3 – Екзогенні геологічні загрози для безпеки магістральних газопроводів на території України [23]

За даними МНС і Державної служби геології та надр України з допомогою ГІС-технологій здійснено просторову оцінку актуальних геологічних загроз стосовно частки довжини магістральних газопроводів на потенційно небезпечних територіях. Результати оцінки свідчать, що на територіях імовірного прояву карсту розміщено до 59,1 % довжини газопроводів, на територіях імовірного прояву підтоплення – до 21,5 %, на

територіях імовірного прояву зсувів – до 13 % довжини магістральних газопроводів. Більш докладна інформація щодо загроз НЕГП для магістральних газопроводів на території адміністративних областей України наведена у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Загрози НЕГП в регіонах України

Адміністративні області	Площа, тис. км ²	Ураженість території, тис. км ²	
		карст	підтоплення
АР Крим	27,0	13,2	4,43
Вінницька	26,2	5,4	0,054
Волинська	20,2	17,4	13,91
Дніпропетровська	31,9	7,1	7,3
Донецька	26,5	18,5	7,67
Житомирська	29,9	0,0	20,13
Закарпатська	12,8	0,8	3,02
Запорізька	27,2	7,5	3,2
Івано-Франківська	13,9	5,0	0,008
Київська	28,9	0,0	8,1
Кіровоградська	24,6	0,4	0,142
Луганська	26,7	26,6	0,164
Львівська	21,8	12,7	0,218
Миколаївська	24,6	17,4	10,672
Одеська	33,3	5,3	9,975
Полтавська	28,8	0,3	8,5
Рівненська	20,1	16,1	12,8
Сумська	23,8	10,0	0,423
Тернопільська	13,8	13,1	0
Харківська	31,4	10,8	3,02
Херсонська	28,5	15,2	7,79
Хмельницька	20,6	13,5	0,014
Черкаська	20,9	0,0	0,08
Чернівецька	8,1	3,8	0,4
Чернігівська	31,9	4,2	4,4
Усього	603,4	227,8	126,42

Геоінформаційний аналіз даних дозволяє визначити найбільш небезпечні регіони стосовно частки довжини газопроводів, які перебувають під загрозою прояву підтоплення і карсту, а також здійснити ранжирування адміністративних областей України за цими критеріями (рис. 3.4, 3.5).

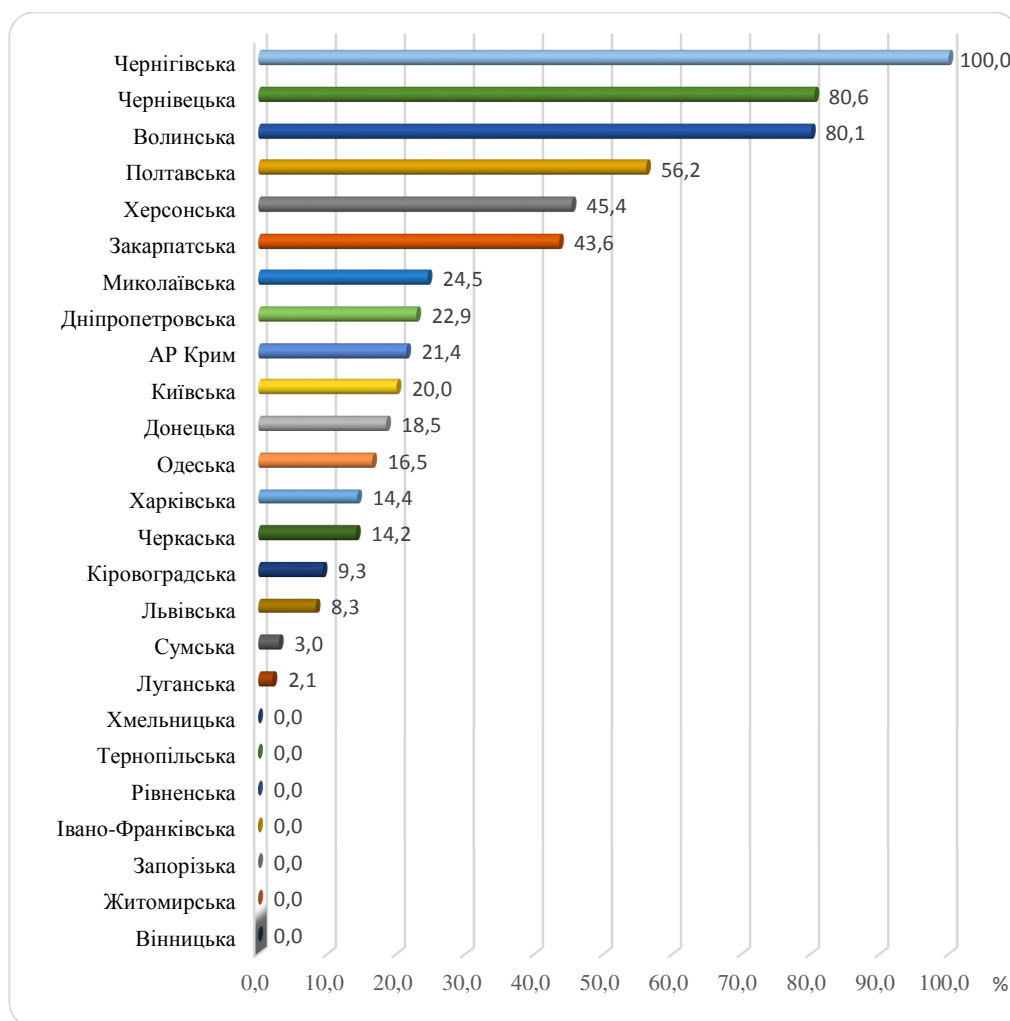


Рис. 3.4 – Структурування регіонів України за довжиною магістральних газопроводів, що перебувають в умовах загроз від підтоплення (у %)

Отримані дані свідчать, що найбільша загроза від підтоплення для магістральних газопроводів за критерієм частки їх довжини існує на території Чернігівської, Чернівецької, Волинської, Полтавської областей, оскільки понад 50 % довжини газопроводів розташовані на територіях імовірного прояву підтоплення [23, 98]. Крім того, газопроводи на території Чернігівської обл. майже по всій довжині перебувають у зонах можливої активізації підтоплення.

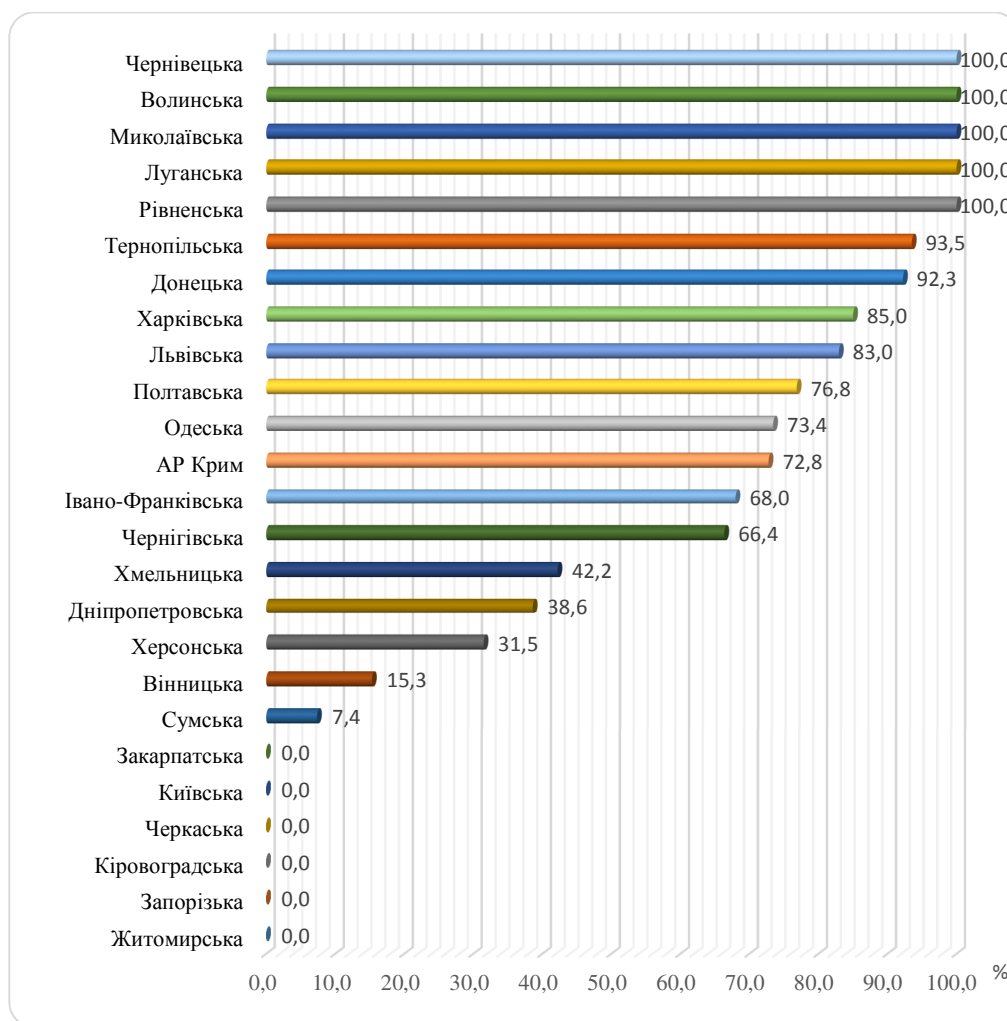


Рис. 3.5 – Структурування адміністративних областей України за довжиною магістральних газопроводів, що перебувають в умовах загрози від прояву карсту

Аналіз карстових загроз для магістральних газопроводів на рівні адміністративних областей України свідчить, що в більшості з них (14) понад 60 % довжини газопроводів перебувають на територіях можливого прояву карсту. Найбільша небезпека від карстових загроз для магістральних газопроводів існує насамперед на території Чернівецької, Волинської, Миколаївської, Луганської, Рівненської, Тернопільської, Донецької, Харківської, Львівської областей, у яких понад 80 % довжини газопроводів знаходиться на потенційно небезпечних територіях.

3.3 Оцінка загроз безпеці експлуатації магістральних залізничних шляхів

Основним призначенням залізничного транспорту України є задоволення потреб суспільного виробництва й населення в перевезеннях у внутрішньому та міжнародному сполученнях із забезпеченням безпеки руху та наданням транспортних, у т. ч. інформаційних, послуг усім споживачам без обмежень за ознаками форми власності й видів діяльності.

Зважаючи на значні обсяги перевезень, забезпечення безпеки функціонування залізничного транспорту має стратегічне значення не тільки для багатьох галузей економіки, а й для життєдіяльності населення країни.

Експлуатаційна протяжність головних колій Укрзалізниці становить 22,3 тис. км, розгорнута протяжність колій – 30,3 тис. км, електрифікованих колій – 9,2 тис. км. Середня просторова щільність експлуатаційної мережі залізниць України є доволі високою: $22,3 \cdot 10^3 / 603 \cdot 10^3 \approx 0,037 \text{ км/км}^2$. Це підвищує ризики її ураження від небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Однією з вагомих причин виникнення НС на залізниці є незадовільний стан МЗШ унаслідок пошкоджень їх конструктивних елементів [23, 138]. Аналіз свідчить, що такі пошкодження можуть виникати також у результаті природної та техногенної активізації НЕГП в місцях розташування цих колій. Факторами активізації НЕГП можуть бути зміни клімату, техногенні порушення поверхневого та підземного стоку, профілю схилів тощо.

За даними Державної служби геології та надр України, значна частина МЗШ розташована на територіях, уражених НЕГП, з-поміж яких найбільшу загрозу становлять підтоплення, карст і зсуви. Природна й техногенна активізація таких процесів може відбуватися внаслідок дії різних чинників, що ускладнює контроль за ними та їх прогнозування, тобто змінювання геомеханічних, фізико-хімічних, інженерно-геофізичних параметрів породного масиву. На територіях прояву НЕГП можливі критичні деформації й навіть

руйнування важливих елементів конструкцій будівель, споруд і залізничних колій. У зв'язку з цим у межах складної природно-техногенної системи «залізничний комплекс – навколишнє середовище» головну увагу доцільно спрямувати на ТГС «залізничний комплекс – геологічне середовище».

Загроза прояву карсту зумовлена тим, що на 38 % території України поширені породи, в яких можуть відбуватися процеси і природного, і техногенно активізованого карстоутворення, а на 24 % території карст може безпосередньо впливати на господарську діяльність [19, 23, 137]. Ураженість території України карстовими процесами, а також загрози, що вони створюють для функціонування залізниці, показані на рис. 3.6.

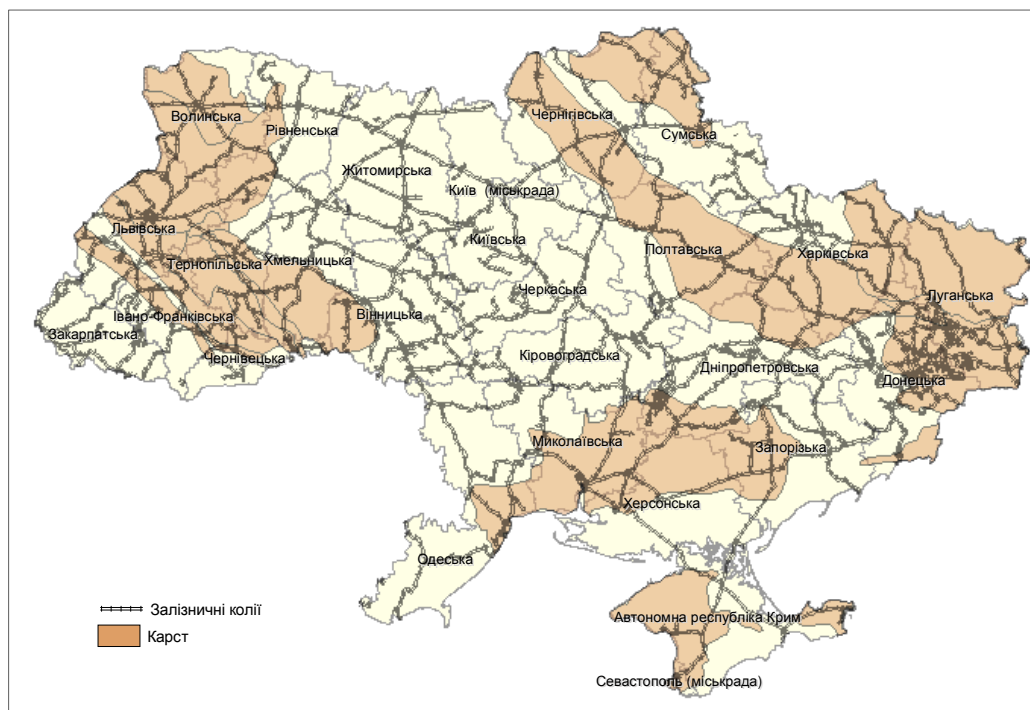


Рис. 3.6 – Загрози карсту для безпеки функціонування МЗШ в регіонах України

Наведені дані свідчать, що найбільша загроза прояву карстових процесів існує насамперед у західних, східних та південних областях України. Це стосується передусім територій АР Крим, Вінницької, Волинської, Донецької, Луганської, Львівської, Миколаївської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей.

З допомогою технологій геоінформаційних систем здійснено просторові оцінки загроз від прояву карсту для безпеки МЗШ в регіонах України. Аналіз отриманих даних дозволяє виявити небезпечні області з погляду найбільшої протяжності МЗШ, що перебувають під загрозою прояву карсту, а також здійснити ранжирування регіонів України за таким критерієм (рис. 3.7).

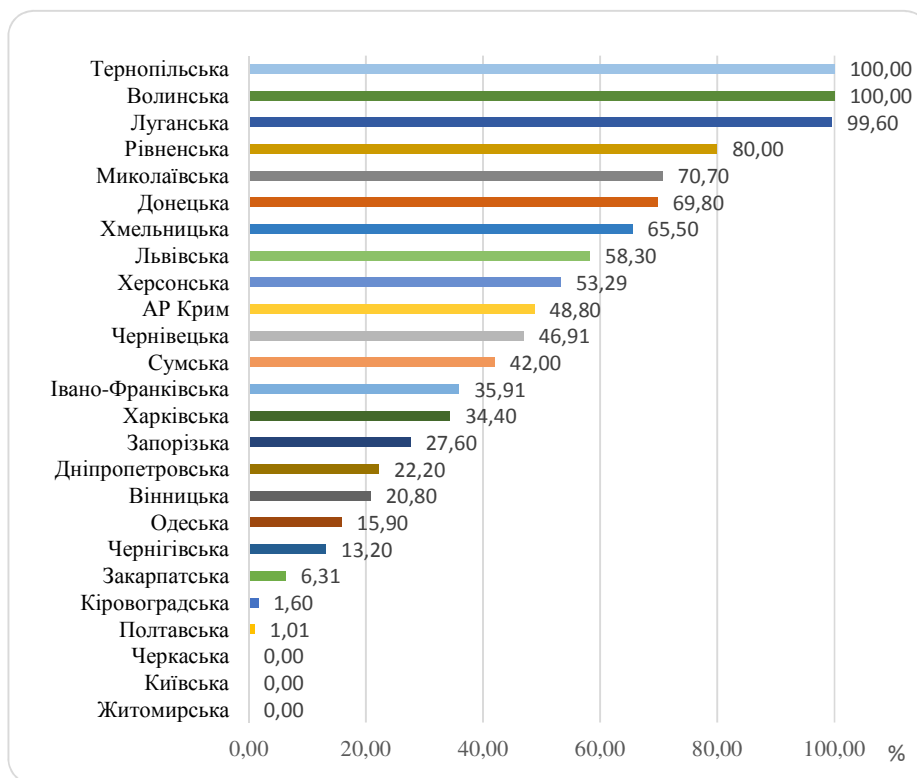


Рис. 3.7 – Ранжирування регіонів України за протяжністю МЗШ, що перебувають в умовах загроз від прояву карсту

Наведені оцінки показують, що найбільша небезпека від прояву карсту існує для МЗШ Тернопільської, Волинської, Луганської, Рівненської, Миколаївської, Донецької, Хмельницької, Львівської областей. За результатами здійснених оцінок у середньому понад 50 % довжини МЗШ у цих областях перебувають під загрозою прояву карсту. Крім того, залізничні колії Луганської, Волинської та Тернопільської областей майже по всій довжині перебувають у зонах карстових загроз, які останніми роками мають підвищену тенденцію до реалізації у вигляді впливу на безпеку експлуатації ТГС «залізничний комплекс – геологічне середовище» внаслідок розвитку

процесів підтоплення, у т. ч. при закритті шахт, втратах води з гідротехнічних споруд (каналів, водосховищ), глобальних змін клімату [192, 193].

Останніми роками динаміка процесу підтоплення території України є прогресуючою із стійкою тенденцією до його активізації на регіональному рівні при постійному збільшенні площ підтоплення. За даними МНС України, найбільш несприятливі умови з підтоплення територій склалися у Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Миколаївській, Одеській та Херсонській областях, де середній приріст підтоплення становить 300 км/рік [137-139, 193]. Крім того, у цих областях у структурі верхньої зони порід геологічного середовища переважають слабо водостійкі лесові горизонти, що підсилює негативну дію підтоплення на безпеку функціонування ТГС «залізничний комплекс – геологічне середовище».

Ураженість території України підтопленням, а також загрози прояву цього процесу для функціонування МЗШ показані на рис. 3.8.

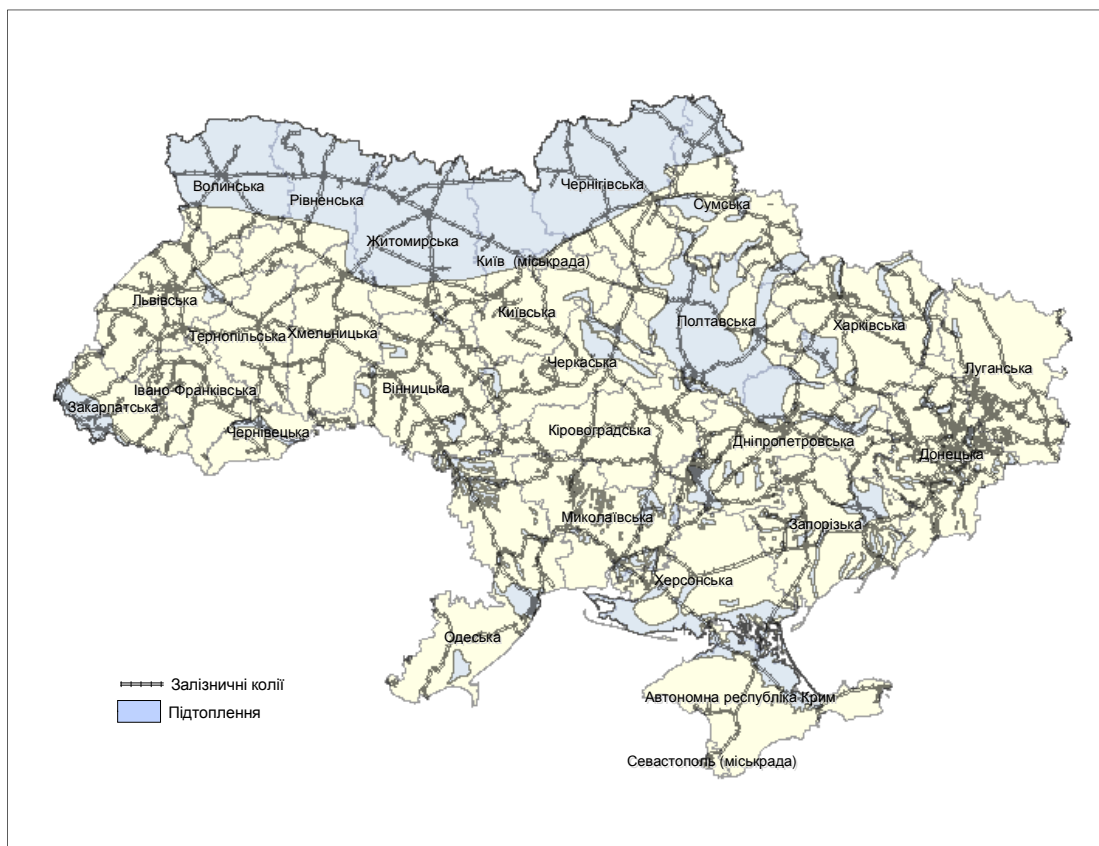


Рис. 3.8 – Загрози підтоплення для функціонування МЗШ в регіонах України

Просторові оцінки загроз від підтоплення для безпеки функціонування залізниць в адміністративних областях України здійснені з використанням ГІС-технологій і представлені на рис. 3.9.

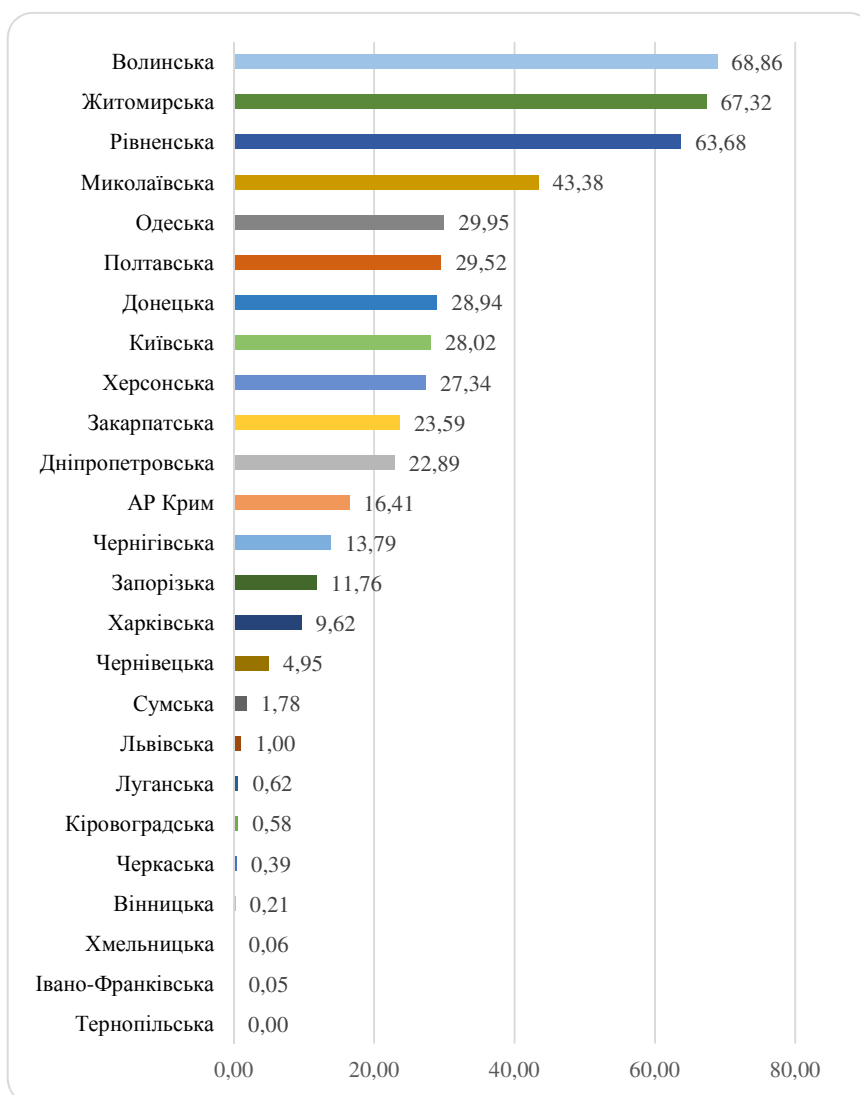


Рис. 3.9 – Ранжирування регіонів України за протяжністю МЗШ, що перебувають в умовах загроз підтоплення (у %)

Дані, представлені на рис. 3.9, свідчать про те, що найбільша загроза внаслідок підтоплення для функціонування МЗШ існує на території Житомирської, Донецької, Рівненської, Волинської, Дніпропетровської, Миколаївської, Одеської та Полтавської областей.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що на території зазначених областей найбільша протяжність МЗШ перебуває під загрозою підтоплення. У цьому контексті доцільно зазначити, що одна з найбільш

резонансних аварій на залізничному транспорті останнього часу, що трапилася поблизу с. Ожидова Львівської обл. (так звана фосфорна аварія), відбулася в зоні багаторічного підтоплення, яке могло додатково вплинути на погіршення геодинамічної стійкості ґрунтів.

Зсуви є одними з найбільш небезпечних екзогенних геологічних процесів, що поширені на території України [137-139, 167]. Хоча здебільшого зсувні деформації проявляються на відносно незначній території, проте внаслідок регіонального розповсюдження зсувних об'єктів вони можуть мати значні негативні наслідки, спричинені здатністю до швидких деформацій та руйнувань відповідальних елементів інженерно-господарських і потенційно небезпечних об'єктів. Крім того, останніми роками внаслідок довгострокового техногенного підтоплення лесово-суглинистих порід і збільшення опадів відбувається зниження їх міцності та розвиток зсувів на схилах зі стрімкістю 3^0-5^0 , що суттєво розширює в Україні площі зсувоутворення та небезпечного впливу на ТГС «залізничний комплекс – геологічне середовище».

З допомогою ГС-технологій здійснено просторові оцінки загроз від зсувів для безпеки функціонування МЗШ в регіонах України, що наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Загроза зсувів для безпеки МЗШ в регіонах України

Регіони України	Площа, тис. км ²	Ураженість території зсувами, тис. км ²	Протяжність залізничних колій, км	Протяжність колій у зоні зсувів, км
АР Крим	27,0	2,8	594,1	62,2
Вінницька	26,2	4,0	1391,2	211,6
Волинська	20,2	0,0	608,5	0,0
Дніпропетровська	31,9	3,0	1681,8	156,6
Донецька	26,5	1,9	1985,9	141,3
Житомирська	29,9	0,2	1128,6	8,0
Закарпатська	12,8	3,6	735,8	205,1
Запорізька	27,2	2,0	931,9	70,1
Івано-Франківська	13,9	2,2	738,6	118,6
Київська	28,9	1,9	818,2	54,9
Кіровоградська	24,6	1,0	930,2	38,1
Луганська	26,7	4,8	1278,2	228,9

Регіони України	Площа, тис. км ²	Ураженість території зсувами, тис. км ²	Протяжність залізничних колій, км	Протяжність колій у зоні зсувів, км
Львівська	21,8	2,9	1246,3	166,6
Миколаївська	24,6	0,3	784,4	10,8
Одеська	33,3	5,0	1017,3	153,9
Полтавська	28,8	4,3	815,1	123,0
Рівненська	20,1	0,0	668,0	0,0
Сумська	23,8	2,8	878,3	103,9
Тернопільська	13,8	1,1	534,3	42,1
Харківська	31,4	11,5	1404,7	516,5
Херсонська	28,5	0,4	461,6	6,0
Хмельницька	20,6	3,0	774,8	113,9
Черкаська	20,9	4,1	750,2	148,4
Чернівецька	8,1	2,5	420,4	130,8
Чернігівська	31,9	0,8	920,0	23,3
Усього	603,4	66,1	23498,4	2834,6

На основі даних табл. 3.7 проведено ранжирування адміністративних областей України за рівнем загроз зсувів для безпеки функціонування МЗШ.

Наведені оцінки показують, що найбільша загроза внаслідок можливого прояву зсувів для функціонування МЗШ існує на території Харківської, Чернівецької, Закарпатської, Луганської, Івано-Франківської, Вінницької, Одеської, Полтавської, Львівської, Дніпропетровської, Черкаської, Донецької областей.

Отримані дані таблиці свідчать, що значна частина МЗШ (40,6 %) розташована на території адміністративних областей, що перебувають в умовах карстових загроз. Особливо небезпечними з погляду карстових загроз є МЗШ, що перетинають територію Донецької, Луганської, Львівської, Волинської, Миколаївської та Рівненської областей.

Результати оцінок також свідчать, що близько 19,8 % довжини залізничних колій перетинають території областей, у яких імовірні прояви підтоплення. Особливо небезпечними є Житомирська, Донецька, Рівненська, Волинська, Дніпропетровська, Миколаївська та Одеська області.

Крім того, 11,7 % МЗШ розташовано на території областей, у яких можлива активізація зсувних процесів. Це насамперед Харківська, Луганська, Вінницька, Закарпатська, Львівська та Дніпропетровська області.

3.4 Оцінка загроз безпеці експлуатації міжнародних транспортних коридорів

Існуюча система Пан'європейських транспортних коридорів (№№ 3, 5, 7, 9, МТК Гданськ–Одеса) охоплює майже всю територію України, у т. ч. Західний, Придніпровський, Приморський регіони із значними техногенними змінами навколишнього середовища.

Прискорений розвиток системи МТК на території України зумовлює формування нових просторово розвинених природно-техногенних геосистем «МТК – навколишнє середовище», що здійснюють додаткові техногенні навантаження на довкілля, передусім на верхню зону геологічного середовища як головного утримувача більшості техногенних впливів [76, 98]. Аналіз засвідчив необхідність урахування впливу нових негативних чинників змін екологічного стану довкілля територій, які перетинають МТК.

Враховуючи дані національних доповідей Мінприроди та МНС України, а також численних результатів досліджень інститутів НАН України, до вказаних чинників можна віднести [136-139]:

- підвищений рівень забруднення приземної атмосфери поблизу промислово-міських агломерацій і гірничо-видобувних районів;
- хімічне забруднення прилеглих ландшафтів важкими металами, нафтопродуктами, радіонуклідами аварійного викиду ЧАЕС;
- суцільне зарегулювання річкової мережі, уповільнення водообміну річкових басейнів, зростаючий рівень забруднення поверхневого стоку;
- активізацію небезпечних екзогенних геологічних процесів за рахунок прояву регіонального підтоплення земель на 30 % території, розвитку в

більшості регіонів просадкових, зсувних, карстових деформацій поверхні, у т. ч. під впливом глобальних змін клімату.

Попередні дані свідчать, що найбільший рівень екологічних загроз для безпеки експлуатації МТК на території України може бути пов'язаний із зниженням інженерно-технічної стійкості геологічного середовища в межах значних ділянок МТК унаслідок сталої активізації НЕГП, що відбувається останніми десятиріччями.

Міжнародний транспортний коридор є комплексом наземних і водних транспортних магістралей з відповідною інженерно-будівельною інфраструктурою на визначеному напрямку, що включає допоміжні споруди, під'їзні шляхи, прикордонні переходи, сервісні пункти, вантажні та пасажирські термінали, устаткування для управління рухом і систему організаційно-технічних заходів відповідно до законодавчих і нормативних актів, які забезпечують перевезення вантажів і пасажирів на рівні вимог Європейського Співтовариства [129].

Міжнародна мережа транспортних коридорів визначена деклараціями Першої (31.10.1991 р., Прага), Другої (14–16.03.1994 р., Крит) і Третьої (23–25.06.1997 р., Гельсінкі) Панєвропейських конференцій із питань транспорту. Затверджені десять Панєвропейських МТК, які отримали назву «критські».

Територією України проходять такі МТК: Панєвропейський № 3, Панєвропейський № 5, Панєвропейський № 7 Дунайський (водний), Панєвропейський № 9, міжнародний транспортний коридор Гданськ–Одеса (рис. 3.10).

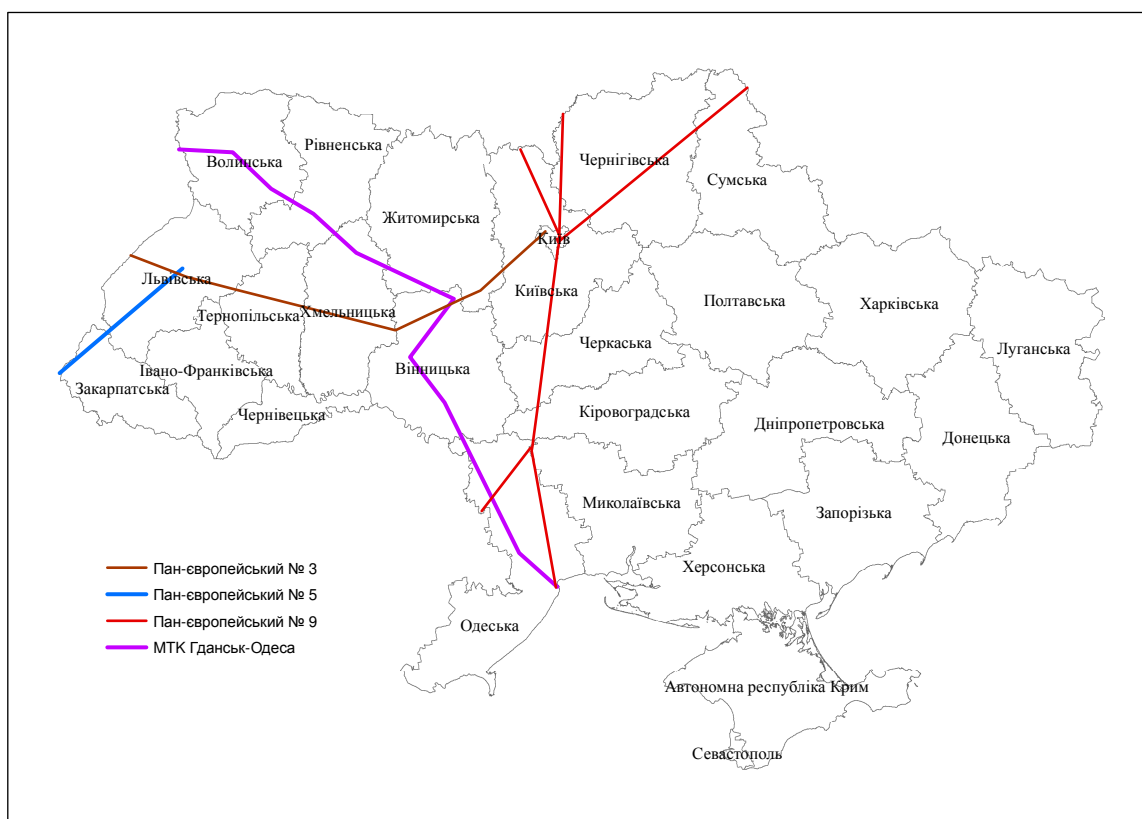


Рис. 3.10 – Схема наземних МТК, що проходять територією України

Створення МТК і входження їх до міжнародної транспортної системи визнано пріоритетним загальнодержавним напрямом розвитку транспортно-дорожнього комплексу України [129].

За 1998–2004 рр. реалізовано низку важливих завдань програми створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів України. На модернізацію інфраструктури МТК, упровадження нових технологій, розвиток інформаційних систем, проведення науково-дослідних робіт спрямовано близько 9 млрд грн.

Панєвропейський транспортний коридор № 3 загальною протяжністю 1640 км проходить через Німеччину, Польщу та Україну за маршрутом Берлін (Дрезден) – Вроцлав – Львів – Київ. Залізничний маршрут цього транспортного коридору є повністю електрифікованим, двоколіїним та обладнаним пристроями автоблокування. Протяжність автомобільних доріг загального користування, що є складником МТК № 3 територією України, становить 617 км. У 2002 р. за підтримки Європейського Союзу побудовано

мостовий перехід через річку Західний Буг на українсько-польському державному кордоні.

Панєвропейський транспортний коридор № 5 протяжністю 1595 км проходить через територію Італії, Словенії, Угорщини, Словаччини та України за маршрутом Трієст – Любляна – Будапешт – Братислава – Ужгород – Львів. Важливою проблемою цього транспортного коридору на території України для автомобільного й залізничного сполучення є подолання Карпатських гір, які відрізняються значною сейсмічною активністю та підвищеною ураженістю зсувними й селевими процесами на схилах.

Що стосується залізничного сполучення, то суттєвою перешкодою при облаштуванні цього МТК є одноколіїний Бескидський тунель, який побудовано ще в 1886 р. і нині його технічний стан украй незадовільний. Тунель значно обмежує швидкість руху поїздів, пропускну та перевізну спроможність усього коридору і через це перешкоджає нарощуванню обсягів перевезень. З метою підвищення транзитного потенціалу України та приведення до відповідних технічних вимог МТК № 5, для забезпечення безпеки руху поїздів на стратегічному напрямку Київ – Львів – Чоп за рахунок коштів кредиту Європейського банку реконструкції та розвитку (ЄБРР) будуватиметься новий двоколіїний залізничний Бескидський тунель. Для реалізації будівництва 31 серпня 2004 р. під гарантії держави укладено кредитну угоду між Державною адміністрацією залізничного транспорту України та ЄБРР. У 2011 р. укладено договір підряду на проектування та будівництво тунелю з Будівельною асоціацією «Інтербудмонтаж»/Україна, яка визначена на підставі проведення міжнародного тендеру. Згідно з договором вартість робіт становить 102,7 млн євро.

Необхідно зазначити, що внаслідок впливу чинників глобальних змін клімату та пов'язаних з ними аномальних повеней (1998, 2001, 2008 рр.) відбулася значна активізація зсувних і селевих процесів. Це суттєво ускладнило інженерно-геологічні умови функціонування МТК, що вимагає проведення комплексного аналізу й запровадження системи сучасного

моніторингу еколого-техногенних загроз безпеці МТК із використанням технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем [76, 98, 131].

Панєвропейський транспортний коридор № 7 (водний) проходить територією Австрії, Угорщини, Югославії, Болгарії, Румунії, Молдови та України. Його протяжність становить 1600 км, у т. ч. територією України – 70 км. У 2004 р. введено в експлуатацію першу чергу проекту з відновлення глибоководного судноплавного ходу Дунай–Чорне море, що дозволить активізувати діяльність українських транспортних підприємств і збільшити вантажообіг на українській ділянці зазначеного коридору.

Панєвропейський транспортний коридор № 9 проходить територією Фінляндії, Росії, України, Білорусі, Молдови, Румунії, Греції за маршрутом Гельсінкі – Санкт-Петербург – Вітебськ – Київ (Москва) – Одеса (Кишинів) – Пловдив – Бухарест – Александрополіс. Протяжність його основного ходу становить 3400 км, у т. ч. територією України – 1496 км залізничних колій і 996,1 км автошляхів.

Передбачений основний напрямок руху коридору № 9 проходить територією України по магістралях М-01 та М-05 від кордону з Білоруссю через Чернігів і Київ до Одеси. У 2004 р. завершено будівництво першої черги швидкісної автомагістралі за напрямком Жашків–Червонознам’янка. Відновлення автомобільної дороги за вказаним напрямком дозволило проїзд автопоїздів загальною масою 40 т, що сприяє підвищенню обсягів перевезень у міжнародному сполученні, але водночас суттєво збільшує геомеханічні навантаження на підгрунття інженерних споруд цього МТК.

Міжнародний транспортний коридор Гданськ–Одеса проходить територією Польщі та України за маршрутом Гданськ – Варшава – Ковель – Рівне – Жмеринка – Одеса. Меморандум про створення цього МТК було підписано в грудні 1999 р. у Варшаві. Його протяжність перевищує 2000 км, з них територією України – 918 км залізничних колій і 1208,4 км автошляхів [129]. За рівнем технічного оснащення цей МТК дещо

поступається іншим коридорам на території України. Так, 15 % загальної протяжності залізничної частини МТК становлять одноколіїні ділянки, а стан покриття 40 % загальної протяжності автодоріг є незадовільним.

Транспортний коридор Європа – Кавказ – Азія (*TRACECA*). Програма *TRACECA* була розроблена як один із компонентів міждержавної програми *Tacis*, а в 1996 р. на конференції в Афінах до цієї програми було залучено Україну. Однією з важливих ланок вищезазначеного коридору є чорноморська траса, що з'єднує Україну й Грузію. З 1996 р. тут діє автомобільна, а з 1999 р. – залізнична паромна переправа Іллічівськ–Поті (Батумі), створена за ініціативою України. Це дало можливість після підписання тристоронньої угоди між Грузією, Україною та Болгарією відкрити регулярне залізничне поромне сполучення на лінії Поті – Іллічівськ – Варна. У 2004 р. почала діяти залізнична поромна переправа Іллічівськ–Дериндже (Туреччина).

З розширенням Європейського Союзу виникла необхідність удосконалення рішень загальноєвропейських транспортних конференцій з формування Панєвропейських МТК і транспортних зон. Тому на території ЄС формується нова система Транс'європейської транспортної мережі, тоді як на території нових країн-членів ЄС і країн-кандидатів на вступ до ЄС діє новий широкомасштабний План розбудови Транс'європейської транспортної системи до 2020 р.

На сьогодні Європейською Комісією визначено та затверджено п'ять основних пріоритетних напрямків європейських транспортних осей: північна, центральна, південно-східна, південно-західна та водні магістралі між європейськими портами. Територією України проходить центральна вісь, у межах якої визначено основні маршрути залізничного й автомобільного транспорту [129].

Значна інтенсивність руху транспортних засобів, зростання обсягів пасажирських і вантажних перевезень останніми роками зумовлюють виникнення великої кількості аварійних подій. За даними Міністерства інфраструктури України, у 2011 р. на транспорті, який знаходиться під його

наглядом або у сфері його управління, сталося 1277 аварійних подій, у яких загинуло 45 осіб [137]. Дані свідчать про певне зростання кількості аварійних подій на автомобільному транспорті й збільшення травмованих осіб у 2011 р. порівняно з попереднім роком.

Крім того, спостерігається відставання України за показниками якості автомобільних доріг і розвитку транспортної мережі, зокрема щільність автодоріг в Україні в 5,9 разу менша, ніж у Франції (відповідно 0,28 та 1,65 км доріг/км² площі країни). Протяжність швидкісних доріг в Україні становить 0,28 тис. км, у Німеччині – 10,9 тис. км, Франції – 7,1 тис. км. Таке відставання пояснюється недостатнім обсягом фінансування на утримання транспортної мережі порівняно з європейськими країнами, відносно невеликим парком автомобілів і великою територією країни. Незадовільним є техніко-експлуатаційний стан автодоріг, коли 51,1 % із них не відповідає європейським вимогам за рівністю та 39,2 % – за міцністю [9].

Україна незадовільним є рівень безпеки дорожнього руху. У середньому за добу в автомобільних катастрофах гине понад 20 та отримує травми близько 200 учасників дорожнього руху. Кількість загиблих на 100 автомобілів в Україні перевищує відповідний показник у Польщі в 2,5 разу, Франції – у 5-6 разів, у Швеції в 10-11 разів [9].

Аналіз місць проходження МТК територією України свідчить, що велика їх частина перетинає райони зі складними інженерно-геологічними умовами, викликаними значною активізацією НЕГП (карст, підтоплення, зсуви, просідання лесів) останніми десятиріччями. Оскільки прояв та активізація зазначених НЕГП під впливом природних і техногенних чинників можуть призвести до відчутних ускладнень при експлуатації МТК, доцільно враховувати ці особливості в умовах України.

Ураженість території України характерними НЕГП і розташування наземних МТК у межах їхніх регіональних зон показана на рис. 3.11.

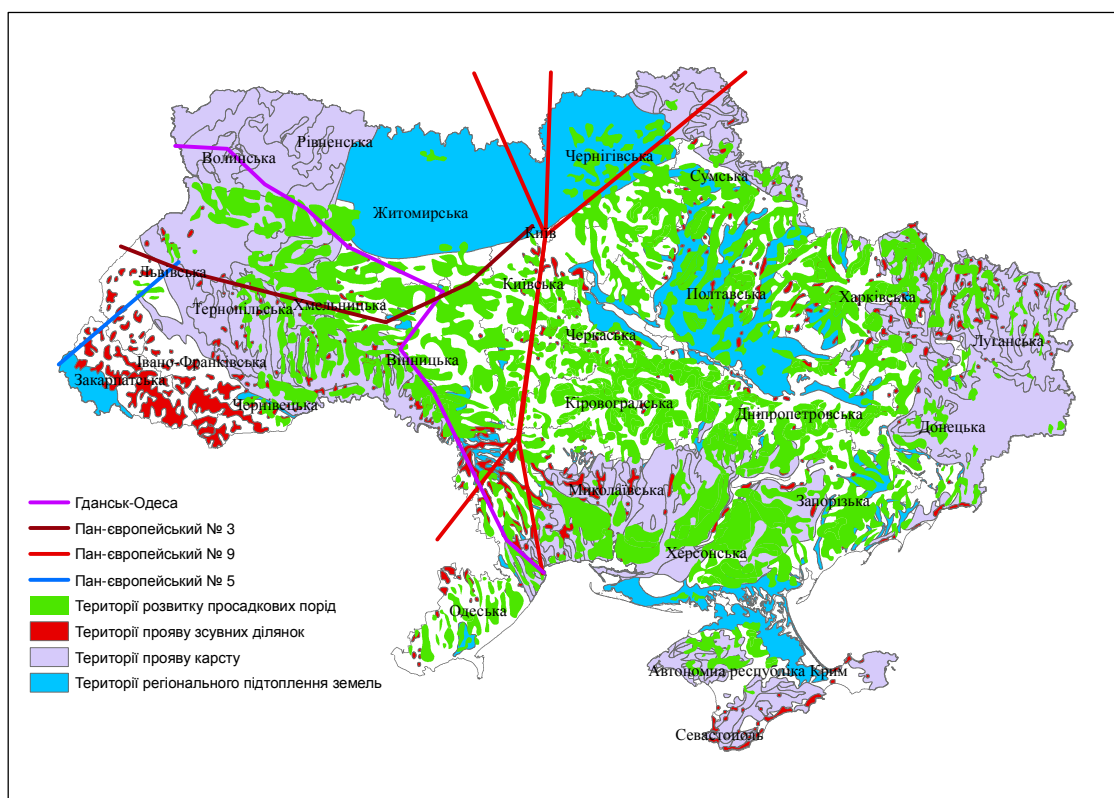


Рис. 3.11 – Розповсюдження зон регіонального прояву НЕГП та їх можливих загроз для безпеки МТК на території України [98]

Привертає увагу той факт, що наземні МТК перетинають значну частину центральних і західних адміністративних областей України, які при помірному техногенному навантаженні порівняно із східними регіонами відрізняються підвищеним розвитком окремих НЕГП.

Ідеться насамперед про Панєвропейський МТК № 3, що проходить територією Львівської, Тернопільської, Хмельницької, Вінницької, Житомирської та Київської областей. Своєю чергою Панєвропейський МТК № 9 перетинає територію Київської, Чернігівської, Сумської, Черкаської, Кіровоградської, Миколаївської та Одеської областей. Найменше охоплення має Панєвропейський МТК № 5, що проходить територією Львівської та Закарпатської областей. Найбільшу протяжність та охоплення території держави має МТК Гданськ–Одеса, що перетинає Волинську, Рівненську, Хмельницьку, Житомирську, Вінницьку та Одеську області.

Із використанням технологій геоінформаційних систем здійснено просторову оцінку загроз від НЕГП для безпеки функціонування МТК. Фізичною основою критерію безпеки експлуатації МТК прийнято ділянки МТК у зонах стійкого просторово-часового розвитку НЕГП, а його кількісної величини (відсоток довжини МТК) у межах регіональних зон імовірного прояву НЕГП.

Результати оцінки дозволили виявити найбільш небезпечні МТК відносно частки їх довжини, що перебувають під загрозою прояву відповідних НЕГП, а також здійснити ранжирування МТК за цим критерієм (рис. 3.12–3.15).

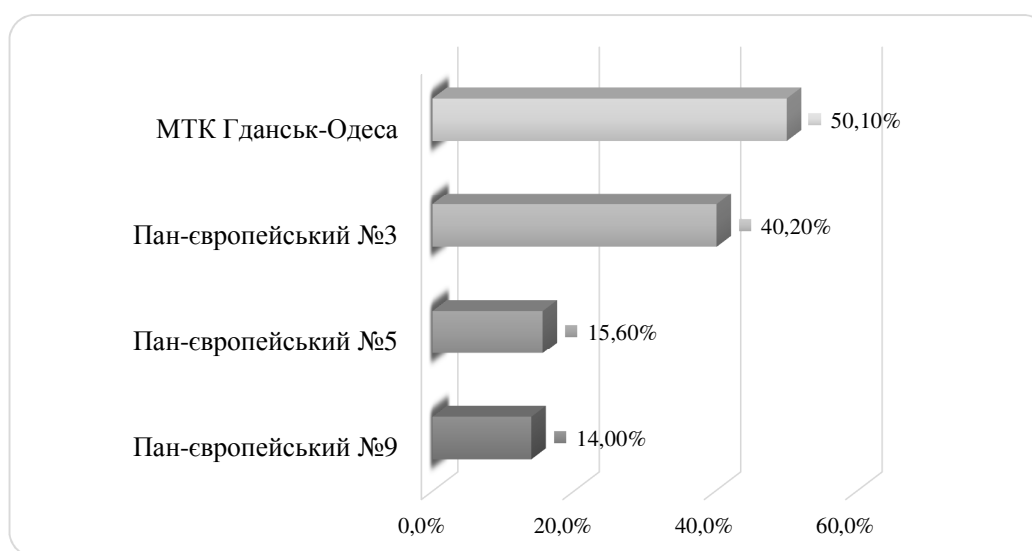


Рис. 3.12 – Ранжирування МТК за часткою їхньої довжини, що перебуває в умовах загроз від прояву карсту (у %)

Отримані результати свідчать, що найбільша небезпека від можливого прояву карсту існує для МТК Гданськ–Одеса та Панєвропейського МТК № 3. За результатами оцінок більше половини довжини першого МТК перебуває під реальною загрозою прояву карстових процесів, які останніми роками активізуються внаслідок випереджального розвитку процесів підтоплення.

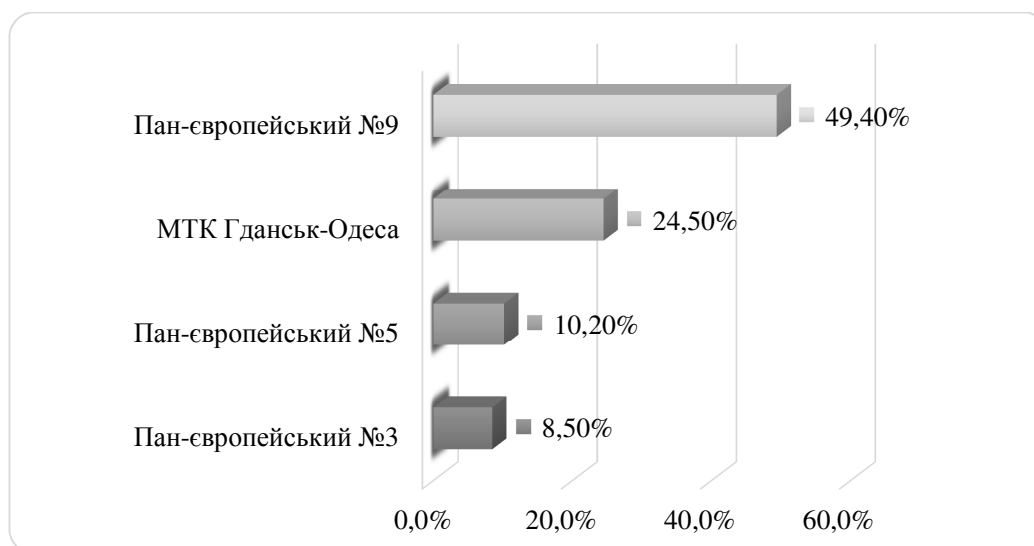


Рис. 3.13 – Ранжирування МТК за часткою їхньої довжини, що перебуває в умовах загроз від прояву підтоплення (у %)

Водночас найбільш несприятливі умови з погляду функціонування МТК склалися для Панєвропейського МТК № 9 та МТК Гданськ–Одеса, оскільки понад 24 % їхньої довжини перебувають під загрозою підтоплення. Зазначимо, що існує закономірний зв'язок між просторово-територіальним розвитком підтоплення земель та активізацією внаслідок цього інших НЕГП локально-об'єктового походження. Це пов'язано з тим, що активізація НЕГП у зонах підтоплення має імовірно ритмічний характер із підвищенням кількості проявів у роки із збільшенням рівня опадів. Також зазначимо, що найбільш комплексним впливом підтоплення відрізняється у містах і селищах України, в яких зосереджено до 70 % чисельності населення і через які проходять маршрути більшості МТК [23].

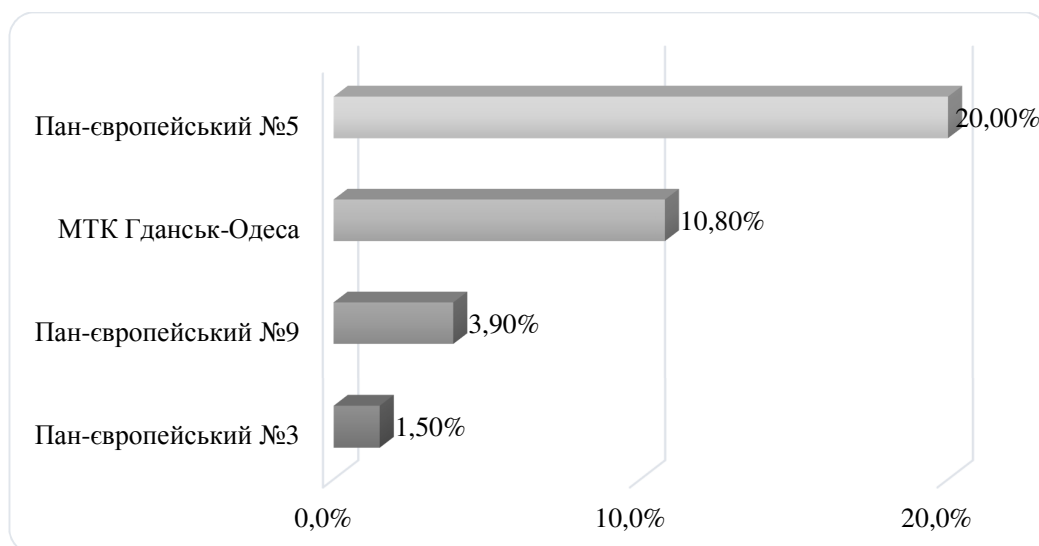


Рис. 3.14 – Ранжирування МТК за часткою їхньої довжини, що перебуває в умовах загроз від прояву зсувів (у %)

Отримані результати свідчать про відносно меншу загрозу від зсувів для більшості МТК, оскільки частка їхньої довжини, що перебуває під впливом територій зсувоутворення, не перевищує 20 % (Панєвропейський МТК № 5).

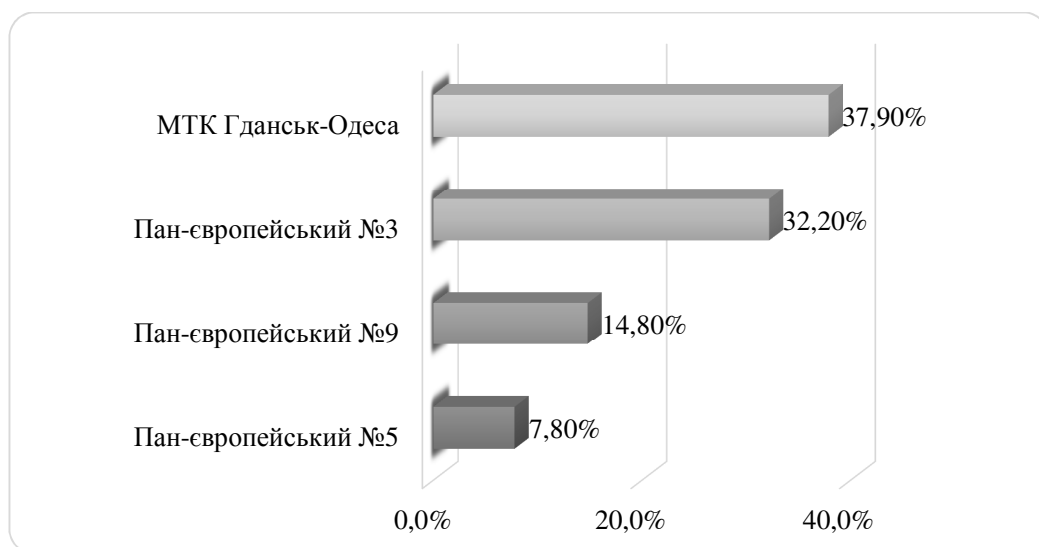


Рис. 3.15 – Ранжирування МТК за часткою їхньої довжини, що перебуває в умовах загроз від прояву просідання (у %)

Найбільші загрози від прояву просідання лесових ґрунтів для безпеки МТК існують насамперед для МТК Гданськ–Одеса та Панєвропейського

МТК № 3, оскільки понад 30 % їхньої довжини перебувають на потенційно небезпечних територіях.

З метою уніфікації оцінок уразливості МТК різними типами НЕГП (підтоплення, карст, просідання, зсуви) пропонується визначити відносні рівні уразливості МТК за співвідношенням

$$b_{ij} = \frac{B_{ij} - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}}, \quad (3.3)$$

де B_{\min} та B_{\max} – відповідно мінімальне та максимальне значення показників уразливості МТК відповідним НЕГП.

Сумарний показник уразливості МТК 4 типами НЕГП Z визначатиметься

$$Z_j = \sum_{i=1}^4 b_{ij} = \sum_{i=1}^4 \frac{B_{ij} - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}}. \quad (3.4)$$

Табл. 3.6 – Результати оцінки рівня уразливості МТК

МТК	Карст b_{1j}	Підтоплення b_{2j}	Зсуви b_{3j}	Просідання b_{4j}	Z_j
Гданськ–Одеса	1	0,4733	0,1914	0,749	2,4136
Панєвропейський № 9	0,2572	0,9856	0,0494	0,2737	1,5658
Панєвропейський № 5	0,2901	0,179	0,3807	0,1296	0,9794
Панєвропейський № 3	0,7963	0,144	0	0,6317	1,572

Результати оцінки демонструють, що найбільш уразливим до впливу чотирьох типів НЕГП є МТК Гданськ – Одеса, що практично по всій своїй довжині перебуває на територіях активізації карстових процесів. Крім того, цей МТК проходить регіонами України, де відбувається розвиток процесів підтоплення, що мають стійку тенденцію до активізації через вплив факторів глобальних змін клімату.

Панєвропейський МТК № 3 і № 9 мають близькі значення показника уразливості, хоча останній майже по всій довжині проходить по територіях, що перебувають в умовах активізації процесів підтоплення. В той же час Панєвропейський МТК № 3 розташований на територіях розвитку карстових і

просадкових процесів, що у випадку активізації можуть істотно пошкодити відповідальні конструктивні елементи МТК.

Найбільш безпечним до впливу НЕГП є Панєвропейський № 5, що характеризується найнижчим значенням показника уразливості. Разом з тим, деякі його частини все ж відчуватимуть вплив процесів підтоплення, карсту, просідання і зсувів.

3.5 Оцінка загроз безпеці експлуатації мостових комплексів

Мостове господарство є одним із найважливіших складників техногенної безпеки дорожньої інфраструктури, що потребує постійної уваги з боку державних органів і достатніх бюджетних асигнувань. Значна кількість мостів на автошляхах загального користування (понад 50 %) була побудована за технічними нормами, що діяли до 1962 р. і нині не відповідають початковим проектним параметрам, а також не задовольняють діючим нормам і за вантажопідйомністю, і за габаритами проїжджої частини [9, 137, 139].

В Україні експлуатуються 7502 автомобільних мости, 2070 пішохідних мостів і 850 шляхопроводів загальною протяжністю 615 км [9]. Значне зростання інтенсивності руху, особливо великовагових навантажень, призводить до руйнування покриття проїзної частини вулично-дорожньої мережі й елементів конструкцій мостових споруд.

Так, із загальної кількості мостів і шляхопроводів 599 споруд (6 %) мають обмежену несучу спроможність або перебувають в аварійному стані. Найгірший показник мають Донецька (22 %) та Львівська (18 %) області.

У середньому розрахунковий ресурс мостів на автошляхах становить від 70 до 100 років, і відповідно до міжремонтних термінів щорічно мають перебудовуватися до 1 % мостів, а капітально ремонтуватися – не менше 3 % мостів, що за сумарною довжиною їхніх прольотів становить близько 12 км [9, 137]. За експертними оцінками, щорічні витрати на реалізацію таких завдань мають становити не менше ніж 1 млрд грн.

Проте однією з найважливіших проблем дорожньої галузі є не тільки будівництво нових мостів, а й збереження мостового господарства, утримання його в стані, придатному для безпечного та комфортного пропуску транспортних засобів. Адже обсяг невиконаних ремонтів штучних споруд на дорогах загального користування починаючи лише з 1998 р. становить 118,2 км. Фактично більша частина шляхового та мостового комплексу України наближається до межі своєї довговічності. Кількість мостів, стан яких не відповідає нормативним умовам експлуатації і які потребують термінового капітального ремонту чи реконструкції, становить понад 400 од., що складає близько 5 % від загальної кількості і в 4-5 разів вище припустимих лімітів. За даними Ради національної безпеки та оборони України, фізичний стан та організація експлуатації автодорожніх мостів є незадовільними, загрозливими для безаварійного функціонування споруд і дорожньої мережі [9, 138]. Погіршення умов експлуатації прискорює процес руйнування залізобетонних конструкцій мостів і підвищує ризик НС.

Перелічені чинники посилюються тим, що протягом останніх 25–30 років на значній частині території України відбувається регіональна активізація ЕГП при комплексній дії техногенних і природних чинників, що призводить до збільшення кількості НС різного походження з негативними наслідками для населення та навколишнього середовища [23, 137, 166]. У цілому це зумовлює формування регіональних інженерно-геологічних загроз від індивідуального та сукупного впливу процесів підтоплення, карсту й просідання, а також виникнення відповідних зон ризику в ТГС «мостовий комплекс – геологічне середовище», в яких відбувається концентрація порушень ГС. Це призводить до зниження геомеханічної стійкості породного масиву, розвитку критичних деформацій в інженерних спорудах мостів і прилеглих ділянок шляхів із підвищенням ризику їх руйнування (мостових опор, сполучень шляхів і мостів тощо).

За таких умов відбувається збільшення інженерно-геологічної небезпеки для функціонування відповідальних життєзабезпечуючих систем, що

розташовані в зазначених зонах. Крім того, загроза від сукупного впливу НЕГП суттєво зростає у місцях дислокації потенційно небезпечних об'єктів, що відрізняються підвищеною чутливістю до зниження інженерно-геологічної стійкості ТГС зі значними масо-енергетичними навантаженнями [98, 173].

Зазначені чинники зумовлюють необхідність уточнення змін інженерно-геологічних умов і підвищення рівня безпеки функціонування мостів на автошляхах. Передусім, на наш погляд, вимагає удосконалення методика прогнозування рівня загроз з боку спільного впливу зазначених НЕГП, насамперед підтоплення, карстових процесів і просідання лесових ґрунтів, з якими пов'язане виникнення послаблень у породах підґрунтя мостів та розвиток їх руйнівних деформацій.

Останніми роками підтоплення території України має прогресуючий характер і стійку тенденцією до активізації на регіональному та локально-об'єктовому рівнях із постійним збільшенням площ із критично неглибоким заляганням рівнів ґрунтового й техногенного водоносних горизонтів [23, 138, 193]. За даними МНС і Державної служби геології та надр України, найбільш несприятливі умови з підтоплення територій склалися насамперед у регіонах, де середній приріст підтоплення становить до $300 \text{ км}^2/\text{рік}$. За існуючими даними, з 1982 р. відбулося майже подвоєння площ підтоплення земель на регіональному рівні та у промислово-міських агломераціях.

Ураженість території України підтопленням і розташування мостів на автошляхах у межах його регіональних зон показана на рис. 3.16.

З використанням геоінформаційних технологій здійснено просторову оцінку загрози підтоплення для безпеки функціонування мостів. Фізичною основою критерію безпеки експлуатації мостів прийнято ділянки мостів у зонах стійкого просторово-часового розвитку підтоплення земель, а його кількісної величини – відсоток кількості мостів у межах адміністративних областей у межах зон підтоплення. Результати оцінки для території регіонів України представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Загрози від підтоплення для безпеки функціонування мостових комплексів в регіонах України [93]

Регіони України	Площа, тис. км ²	Площа підтоплення, тис. км ²	Частка кількості мостів на підтоплених територіях, %
АР Крим	27	4,43	38,93
Вінницька	26,2	0,054	1,79
Волинська	20,2	13,91	73,67
Дніпропетровська	31,9	7,3	34,43
Донецька	26,5	7,67	17,99
Житомирська	29,9	20,13	83,14
Закарпатська	12,8	3,02	28,61
Запорізька	27,2	3,2	33,84
Івано-Франківська	13,9	0,008	0,00
Київська	28,9	8,1	45,43
Кіровоградська	24,6	0,142	1,36
Луганська	26,7	0,164	3,42
Львівська	21,8	0,218	1,08
Миколаївська	24,6	10,672	16,42
Одеська	33,3	9,975	7,55
Полтавська	28,8	8,5	73,10
Рівненська	20,1	12,8	56,73
Сумська	23,8	0,423	43,54
Тернопільська	13,8	0	0,00
Харківська	31,4	3,02	20,52
Херсонська	28,5	7,79	37,25
Хмельницька	20,6	0,014	3,15
Черкаська	20,9	0,08	13,30
Чернівецька	8,1	0,4	10,05
Чернігівська	31,9	4,4	72,70
По Україні	603,4	126,42	31,57

Аналіз цієї таблиці дозволяє виявити небезпечні області з погляду найбільшої кількості мостів, які розташовані в зонах імовірного прояву підтоплення. Привертає увагу той факт, що в середньому по Україні 31,57 % мостів розташовані на територіях імовірного підтоплення. Враховуючи їх достатньо велику кількість (до 8 тис.), а також їх важливе значення для багатьох сфер життєдіяльності й господарювання, можна стверджувати, що існує загроза від підтоплення для функціонування близько 2300 мостів.

Отримані результати також свідчать, що найбільш несприятливі умови з погляду безпечного функціонування мостів склалися у Житомирській, Волинській, Чернігівській, Полтавській, Рівненській, Київській, Сумській, Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській областях та АР Крим, оскільки понад 31,57 % мостів (середнє значення по Україні) перебувають у них під загрозою підтоплення. Також слід узяти до уваги, що Волинська, Рівненська, Житомирська та Чернігівська області розташовані в зоні Українського Полісся, яке відрізняється переважанням у верхній зоні геологічного розрізу піщаних ґрунтів, які є відносно стійкими в умовах перезволоження.

Потрібно також зазначити, що найбільш комплексним впливом підтоплення відрізняється в межах міст і селищ України, загальна площа яких становить близько 3 % території держави, але в них зосереджено до 70 % населення, що суттєво підвищує (до 10–100 разів) вплив підтоплення на безпеку життєдіяльності [23, 193].

За даними Державної служби геології та надр України та МНС України, на 38 % території держави поширені породи, в яких можуть відбуватися процеси і природного, і техногенно активізованого карстоутворення, а на 24 % території карст може безпосередньо впливати на господарську діяльність [23, 167]. Ураженість території України карстовими процесами, а також загрози, спричинені ними для функціонування мостів, показано на рис. 3.17.

Регіони України	Площа, тис. км ²	Ураженість території карстом, %	Частка кількості мостів на уражених територіях, %
Донецька	26,5	69,8	51,52
Житомирська	29,9	0,0	0,00
Закарпатська	12,8	6,3	0,00
Запорізька	27,2	27,6	22,90
Івано-Франківська	13,9	35,9	49,46
Київська	28,9	0,0	0,00
Кіровоградська	24,6	1,6	0,00
Луганська	26,7	99,6	100,00
Львівська	21,8	58,3	70,08
Миколаївська	24,6	70,7	60,45
Одеська	33,3	15,9	7,86
Полтавська	28,8	1,0	61,70
Рівненська	20,1	80,0	39,18
Сумська	23,8	42,0	28,57
Тернопільська	13,8	100,0	83,06
Харківська	31,4	34,4	67,01
Херсонська	28,5	53,3	21,57
Хмельницька	20,6	65,5	34,25
Черкаська	20,9	0,0	0,00
Чернівецька	8,1	46,9	20,10
Чернігівська	31,9	13,2	70,19
По Україні	603,4	40,5	39,12

Аналіз цієї таблиці дозволяє виявити найбільш небезпечні регіони відносно кількості мостів на автошляхах, які перебувають під загрозою прояву карсту, а також здійснити ранжирування адміністративних областей України за таким критерієм.

Отримані дані свідчать, що найбільша небезпека від можливої активізації карсту існує для мостів у Луганській, Волинській, Тернопільській, Чернігівській, Львівській, Харківській, Полтавській, Миколаївській і Донецькій областях. За результатами здійснених оцінок у середньому понад 50 % мостів у зазначених областях перебувають у зонах імовірного прояву карсту. Крім того, майже 90 % мостів Луганської та Волинської областей перебувають у зонах карстових загроз, які останніми роками мають підвищену тенденцію до реалізації внаслідок випереджального розвитку процесів

підтоплення, у т. ч. унаслідок закриття шахт, значних втрат води з гідротехнічних споруд, а також глобальних змін клімату [23, 193].

В умовах зростаючих природних і техногенних змін геологічного середовища значну небезпеку представляють території спільного впливу різних НЕГП, оскільки концентрація декількох НЕГП суттєво збільшує загрози від їх імовірного прояву для безпеки просторово розподілених життєзабезпечувальних і транспортних систем за рахунок додаткових навантажень на їх відповідальні конструктивні елементи. За даними Державної служби геології та надр України й МНС України, з використанням ГІС-технологій здійснено оцінку та картографування ураженості території України спільними проявами карсту, підтоплення й просідання лесових ґрунтів.

Ураженість території України спільними проявами НЕГП, а також загрози від їх впливу на безпеку експлуатації мостів на автошляхах показано на рис. 3.18.

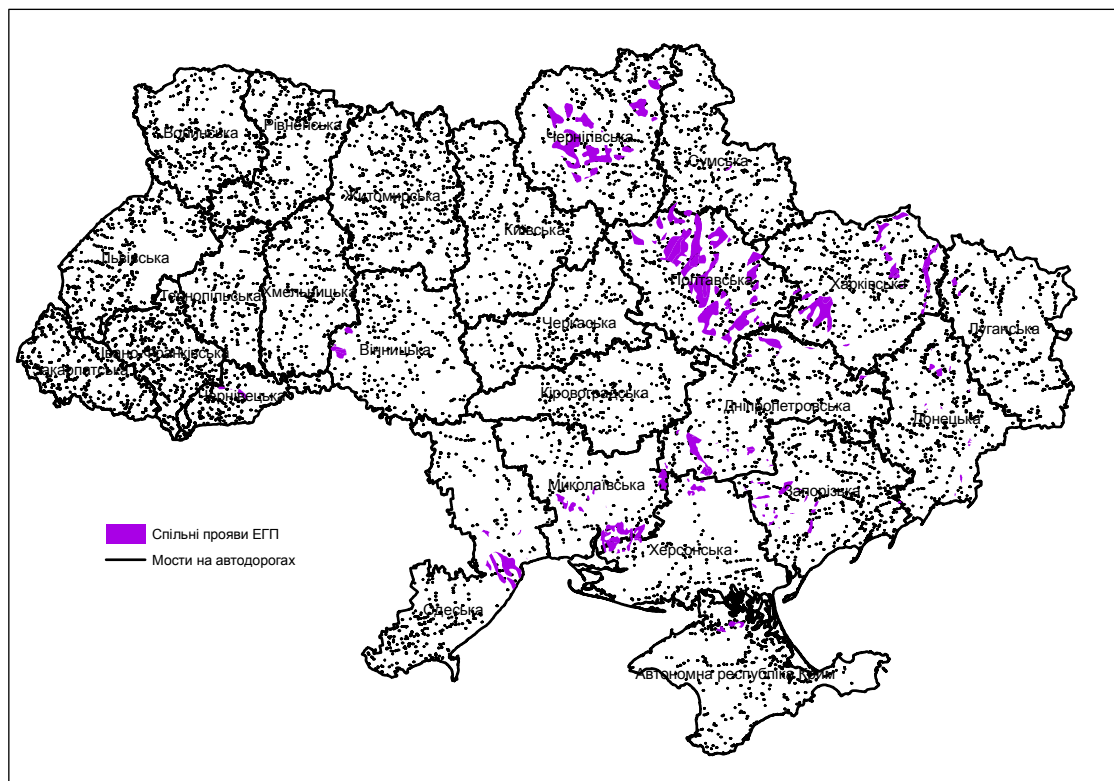


Рис. 3.18 – Загрози від спільного прояву ЕГП (карст, підтоплення, просідання) для безпеки експлуатації мостів на території України [98]

З використанням ГІС-технологій здійснено просторову оцінку загроз від спільного прояву підтоплення, карсту й просідання лесових ґрунтів (розповсюджені на 70 % території України) для безпеки мостів в адміністративних областях України, що наведені у табл. 3.9. В якості критерію оцінки застосовано частку кількості мостів, розташованих на уражених спільними проявами вищезазначених НЕГП територіях. Регіональні значення такого критерію (який фактично є показником геодинамічного ризику) розраховувалися як відношення кількості мостів на автошляхах, що знаходяться в зонах спільного прояву НЕГП, до загальної кількості мостів на території адміністративної обл.

Таблиця 3.9 – Загрози спільного прояву НЕГП в регіонах України [98]

Регіони України	Площа території, тис. км ²	Площа поширеності спільних проявів ЕГП, тис. км ²
АР Крим	27,0	0,136
Вінницька	26,2	0,251
Волинська	20,2	0
Дніпропетровська	31,9	0,921
Донецька	26,5	0,179
Житомирська	29,9	0
Закарпатська	12,8	0
Запорізька	27,2	0,462
Івано-Франківська	13,9	0
Київська	28,9	0
Кіровоградська	24,6	0
Луганська	26,7	0,074
Львівська	21,8	0
Миколаївська	24,6	1,008
Одеська	33,3	0,746
Полтавська	28,8	5,273
Рівненська	20,1	0
Сумська	23,8	0,091
Тернопільська	13,8	0
Харківська	31,4	1,815
Херсонська	28,5	0,485
Хмельницька	20,6	0
Черкаська	20,9	0
Чернівецька	8,1	0,089
Чернігівська	31,9	2,687

Регіони України	Площа території, тис. км ²	Площа поширеності спільних проявів ЕГП, тис. км ²
По Україні	603,4	14,217

Аналіз табл. 3.9 дозволяє виявити найбільш небезпечні області за величиною найбільшої кількості мостів на автошляхах, що перебувають під загрозою спільного впливу ЕГП, а також здійснити ранжирування адміністративних областей України за таким критерієм (рис. 3.19).

Виконані розрахунки свідчать, що 10 адміністративних областей України мають перевищення 1 % рівня інженерно-геологічного ризику, що становить від 1,3–2,78 до 9,1–18,4 разу.

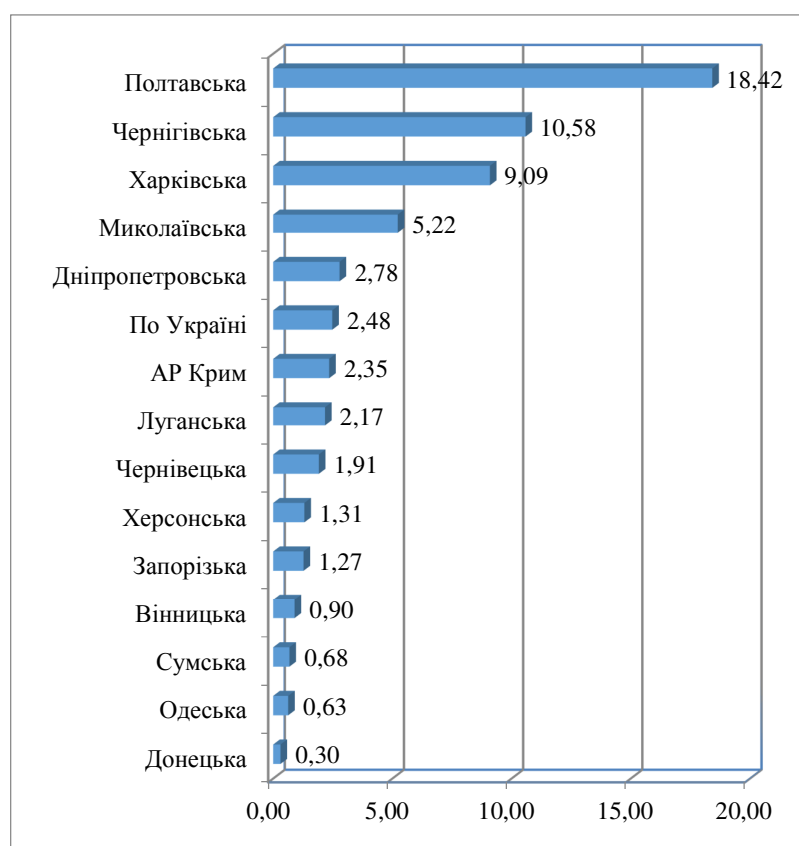


Рис. 3.19 – Ранжирування регіонів України за кількістю мостів, що перебувають під загрозою спільного прояву підтоплення, карсту й просідання (у %)

Наведені оцінки також дозволяють зробити висновок, що найбільша небезпека від спільного впливу ЕГП для безпеки експлуатації мостів існує на території Полтавської, Чернігівської, Харківської, Миколаївської,

Дніпропетровської областей, оскільки значення критерію оцінки в цих областях перевищує середньоукраїнське (2,48 %). Привертає увагу той факт, що адміністративні області з високим рівнем техногенного навантаження (зокрема Донецька, Запорізька, Луганська, Харківська) також перебувають у зонах імовірного спільного впливу ЕГП. Це зумовлює додаткове підвищення рівня природно-техногенної небезпеки цих регіонів за рахунок впливу інженерно-геологічних чинників [23, 98, 137].

Геоінформаційний аналіз регіонального розповсюдження небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України дозволив виявити зони їх імовірного індивідуального й спільного впливу і на цій основі визначити найбільш небезпечні адміністративні області, в яких наявні підвищені загрози для експлуатації мостів. Отримані результати свідчать, що найбільший рівень інженерно-геологічних загроз від спільного впливу НЕГП існує на території Полтавської, Чернігівської, Харківської, Миколаївської та Дніпропетровської областей.

Концентрація різних екзогенних геологічних процесів на потенційно небезпечних територіях відчутно збільшує інженерно-геологічні загрози НС щодо відповідальних конструктивних елементів об'єктів критичної транспортної інфраструктури. Зважаючи на площинний характер розвитку НЕГП в умовах постійних змін геологічного середовища, особливо уразливими стають просторово-розподілені об'єкти, зокрема залізничні колії, автошляхи, лінії електропередач, розміщені в зонах прояву підтоплення, карсту й зсувів.

Усе це свідчить про необхідність проведення більш ґрунтовних досліджень комплексного впливу НЕГП на безпеку ОКТІ на території України з використанням технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем.

Висновки до розділу 3

1. Враховуючи значний вплив ОКТІ на стан екологічної та національної безпеки держави, в розділі з використанням технологій геоінформаційних систем проведено комплексну оцінку актуальних загроз інженерно-геологічного походження для безпеки експлуатації магістральних електромереж, газопроводів, залізничних колій, міжнародних транспортних коридорів, мостів.

2. Фізичною основою критерію безпеки експлуатації ОКТІ прийнято їх ділянки у зонах стійкого просторово-часового прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів. При цьому кількісне значення цього критерію визначалося як відсоток довжини певного ОКТІ в межах зон прояву підтоплення, карсту, просідання, зсувів.

3. Проведено оцінку загроз на регіональному рівні від екзогенних геологічних процесів (підтоплення, карст) для безпеки функціонування просторово розвинутих у різних інженерно-геологічних умовах магістральних ліній електропередач та газопроводів України. Найбільш несприятливі умови для функціонування МЕМ в умовах можливих загроз від підтоплення склалися у Житомирській, Волинській, Чернігівській, Полтавській, Рівненській областях, оскільки понад 50 % МЕМ у них розташовано під загрозою підтоплення.

4. Аналіз карстових загроз для магістральних газопроводів в регіонах України показав, що в 14 з них понад 60 % довжини газопроводів перебувають на територіях можливого прояву карсту. Найбільша небезпека від карстових загроз для магістральних газопроводів наявна на території Чернівецької, Волинської, Миколаївської, Луганської, Рівненської, Тернопільської, Донецької, Харківської, Львівської областей, у яких понад 80 % довжини газопроводів знаходиться на потенційно небезпечних територіях. В той же час найбільша загроза від підтоплення спостерігається на території Чернігівської,

Чернівецької, Волинської, Полтавської областей, де понад 50 % довжини газопроводів розташовані на територіях імовірного прояву підтоплення.

5. Здійснено аналіз загроз від підтоплення, карсту, зсувів для МЗШ в регіонах України. За допомогою геоінформаційних технологій визначено частку довжини МЗШ, що перебувають у зонах ризику ураження цими процесами. Запропоновано ранжирування адміністративних областей України за рівнем екзогенних геологічних загроз для безпеки функціонування залізничного транспорту. Встановлено, що найбільша загроза внаслідок підтоплення для функціонування МЗШ існує на території Житомирської, Донецької, Рівненської, Волинської, Дніпропетровської, Миколаївської, Одеської та Полтавської областей. Отримані результати свідчать, що значна частина МЗШ (40,6 %) розташована на території адміністративних областей, що перебувають в умовах карстових загроз. Особливо небезпечними з погляду карстових загроз є МЗШ, що перетинають територію Донецької, Луганської, Львівської, Волинської, Миколаївської та Рівненської областей.

6. Проведено регіональну оцінку впливу небезпечних геологічних процесів для безпеки функціонування міжнародних транспортних коридорів, що проходять через територію України. Результати оцінки демонструють, що найбільш уразливим до впливу НЕГП є МТК Гданськ – Одеса, що практично по всій своїй довжині перебуває на територіях активізації карстових процесів. Крім того, цей МТК проходить регіонами України, де відбувається розвиток процесів підтоплення, що мають стійку тенденцію до активізації через вплив факторів глобальних змін клімату. Панєвропейські МТК № 3 і № 9 мають близькі значення показника уразливості, хоча останній майже по всій довжині проходить по територіях, що перебувають в умовах активізації процесів підтоплення. В той же час Панєвропейський МТК № 3 розташований на територіях розвитку карстових і просадкових процесів, що у випадку активізації можуть істотно пошкодити відповідальні конструктивні елементи МТК. Визначено, що найбільш безпечним до впливу НЕГП є Панєвропейський № 5, що характеризується найнижчим значенням показника уразливості.

7. Здійснено аналіз загроз від індивідуального та спільного впливу регіональної активізації екзогенних геологічних процесів на безпеку просторово розповсюджених у складних інженерно-геологічних умовах мостів на автошляхах України. На цій основі визначено частку кількості мостів на автошляхах, що перебувають в зонах імовірного регіонального прояву цих процесів та їх підвищеного впливу на виникнення надзвичайних ситуацій на території адміністративних областей України. Встановлено регіони України, що потребують першочергової уваги для підвищення рівня безпеки функціонування мостів на автошляхах.

8. Визначено, що найбільша загроза від спільного впливу НЕГП для безпеки експлуатації мостів існує на території Полтавської, Чернігівської, Харківської, Миколаївської, Дніпропетровської областей, оскільки значення критерію оцінки в цих областях перевищує середньоукраїнське (2,48 %). Встановлено, що регіони з високим рівнем техногенного навантаження, зокрема Донецька, Запорізька, Луганська, Харківська області також перебувають у зонах імовірного спільного впливу НЕГП. Це зумовлює додаткове зниження рівня природно-техногенної безпеки цих регіонів через негативний вплив інженерно-геологічних чинників.

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [93, 76, 78, 220, 82, 18, 106, 309, 87, 89].

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЗАГРОЗ БЕЗПЕЦІ КРИТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

4.1 Вихідні положення

У складних умовах військового протистояння на території Донецької та Луганської областей відбувається зростання загроз НС з масштабними негативними наслідками для населення. В сучасних умовах існує нагальна необхідність кардинального вдосконалення системи забезпечення національної безпеки, підвищення ефективності механізмів підтримки прийняття рішень в сфері попередження, реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Для цього Кабінету Міністрів України вкрай необхідно відновити функціонування Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій (УІАС НС) включаючи території Донецької та Луганської областей та провести на цій основі удосконалення системи раннього виявлення і попередження екологічних і техногенних загроз для безпеки ПНО на території України з урахуванням новітніх ризиків [98].

В сучасних умовах існує нагальна необхідність Кабінету Міністрів України, Державній службі з надзвичайних ситуацій України забезпечити удосконалення моніторингу стану природно-техногенної безпеки з використанням технологій дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем та інших засобів для збільшення його здатності щодо виявлення, прогнозування та попередження екологічних і техногенних загроз регіонального, міжрегіонального та трансграничного рівня, а також їх впливу на соціально-економічний розвиток регіонів України.

Враховуючи позитивний досвід використання технологій геоінформаційних систем у завданнях підтримки прийняття управлінських рішень в умовах НС різного походження, програмну реалізацію оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України виконано в

середовищі ГІС ArcGIS 9, що широко застосовувалася в Міністерстві надзвичайних ситуацій України під час робіт із створення УІАС НС [23, 139].

Програмно-технічну реалізацію оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України виконано в рамках робіт із удосконалення інформаційно-аналітичної підсистеми оцінки та прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки (ІАПОР), що проводилися у 2008 р.

Дана підсистема удосконалювалася як складова частина УІАС НС, що представляє собою сукупність програмно – технічних засобів і картографічних баз даних, що забезпечують оцінку та прогнозування техногенних і природних ризиків життєдіяльності засобами просторового моделювання для оцінки обсягів втрат і витрат матеріальних, технічних, людських та фінансових ресурсів в умовах можливих НС різного походження.

Основною метою удосконалення підсистеми ІАПОР було розширення функцій “Аналіз, прогнозування та моделювання” в УІАС НС для більш ефективного реагування на загрозу виникнення НС природного та техногенного характеру, зокрема, внаслідок індивідуального та спільного впливу екзогенних геологічних процесів на інженерно-техногенну безпеку залізничного транспорту. Це досягається шляхом підвищення оперативності, наочності та детальності вихідної інформації для прийняття та автоматизації процесів розробки управлінських рішень щодо нейтралізації або мінімізації техногенних та природних ризиків в Україні.

До переліку першочергових завдань, що вирішувалися в рамках цього проекту віднесено:

- оцінювання регіональних загроз природно-техногенних НС внаслідок індивідуального та спільного впливу підтоплення, просідання лесових ґрунтів та карстових процесів на інженерно-техногенну безпеку залізничного транспорту та магістральних газопроводів;

- створення бази даних електронних картограм за результатами оцінювання регіональних ризиків НС від порушення інженерно-геологічних умов експлуатації залізничного транспорту та магістральних газопроводів;
- модернізація і адаптація інтерфейсу програмних засобів до задач оцінювання загроз від прояву екзогенних геологічних процесів для системи залізничного транспорту та магістральних газопроводів на регіональному рівні;
- відпрацювання розроблених програмних засобів на характерних прикладах щодо безпеки функціонування залізничного транспорту та магістральних газопроводів в умовах загроз від індивідуального та спільного прояву НЕГП.

4.2 Призначення та мета удосконалення

Призначенням підсистеми ІАПОР визначено оцінку техногенних і природних ризиків і загроз безпеці експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури з використанням засобів геопросторового моделювання для визначення обсягів втрат і витрат матеріальних, технічних, людських та фінансових ресурсів в умовах НС різного походження, можливих в регіонах України.

Дана підсистема складається із комплексу програмно – технічних засобів і картографічних баз даних, що забезпечують аналіз передумов та оцінку динаміки розвитку ризиків і загроз безпеці ОКТИ на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки з метою забезпечення підсистем та функціональних елементів УІАС НС інформацією для процесу підготовки, прийняття та контролю виконання рішень, пов'язаних з попередженням НС різного походження [23, 139].

Функціонування ІАПОР в системі УІАС НС має забезпечити суттєве підвищення ефективності реагування на небезпеку виникнення НС природного та техногенного характеру за рахунок оперативності, наочності та детальності

вихідної інформації для прийняття рішень та рівня автоматизації процесу розробки рішень щодо нейтралізації або мінімізації техногенних та природних ризиків і загроз на території України.

Об'єктом автоматизації у зазначеній системі є процес оцінки загроз безпеці експлуатації критичної транспортної інфраструктури в умовах можливих НС на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки.

Перелік першочергових завдань, що вирішено в рамках робіт із удосконалення ІАПОР, включає:

- аналіз і формулювання задач комплексного оцінювання загроз безпеці залізничного транспорту в умовах прояву екзогенних геологічних процесів на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки;
- розробка модельно-алгоритмічних засобів для комплексного оцінювання екзогенних геологічних загроз для безпеки експлуатації критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні;
- розвиток геоінформаційного та програмного забезпечення для оцінки актуальних загроз безпеці залізничного транспорту та магістральних газопроводів на територіях підвищеної небезпеки;
- відпрацювання розроблених програмно-технічних засобів у складі ІАПОР на конкретних прикладах розв'язування актуальних задач комплексного оцінювання природно-техногенних загроз безпеці експлуатації магістральних газопроводів і залізничного транспорту.

Подальші роботи щодо розвитку цієї системи спрямовані на її удосконалення за допомогою технологій геоінформаційних систем для забезпечення просторово-часового аналізу техногенних та природних загроз, їх взаємозв'язків і взаємовпливів для об'єктів критичної транспортної інфраструктури, а також розробки обґрунтованих заходів із запобігання надзвичайних ситуацій, можливих на території України.

4.3 Основні функції та задачі

Для ефективного вирішення поставлених завдань ІАПОР має забезпечити виконання наступних функцій:

- інформаційний зв'язок із складовими структурними елементами, що постачають вихідні дані для оцінки загроз безпеці функціонування критичної транспортної інфраструктури, включаючи дані електронного картографічного фонду, базу даних об'єктів критичної транспортної інфраструктури;
- оцінку актуальних загроз безпеці експлуатації магістральних газопроводів і залізниць з урахуванням геопросторових параметрів території адміністративних областей України за допомогою прикладних програмних комплексів і засобів просторового ГІС-аналізу;
- формування результатів оцінювання загроз безпеці функціонування ОКТИ для передачі особам, що приймають управлінські рішення та іншим підсистемам УІАС НС;
- надання результуючої інформації для звітів щодо природно-техногенних загроз безпеці ОКТИ, проведення порівняльних оцінок загроз ОКТИ на регіональному рівні.

Практична реалізація зазначених функцій передбачає розв'язання відповідних функціональних задач:

- аналіз статистичних даних про характер прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів та передумови їх виникнення;
- аналіз природних і техногенних джерел загроз безпеці ОКТИ регіонального рівня та побудова актуальних сценаріїв розвитку НС;
- оцінка загроз безпеці експлуатації ОКТИ в умовах прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів;
- аналіз зон ризику за видами і рівнями природно-техногенної небезпеки для визначених ОКТИ;

- формування картографічних, табличних і текстових даних для звітів щодо актуальних загроз ОКТИ на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки.

Внутрішні і зовнішні інформаційні зв'язки розробленого програмно-аналітичного комплексу (ПАК) оцінки загроз безпеці ОКТИ визначаються двома групами чинників:

- переліком функцій і задач, що необхідно реалізувати;
- характером інформаційної взаємодії з іншими складовими УІАС НС.

Аналіз науково-методичних напрацювань з оцінки актуальних загроз природно-техногенній безпеці з урахуванням наявних інформаційних і програмно-технічних засобів обумовлює виділення у загальній структурі ІАПОР відповідного прогнозно-аналітичного комплексу, що призначений для оцінки загроз безпеці ОКТИ включаючи магістральні газопроводи та залізницю (рис. 4.1).

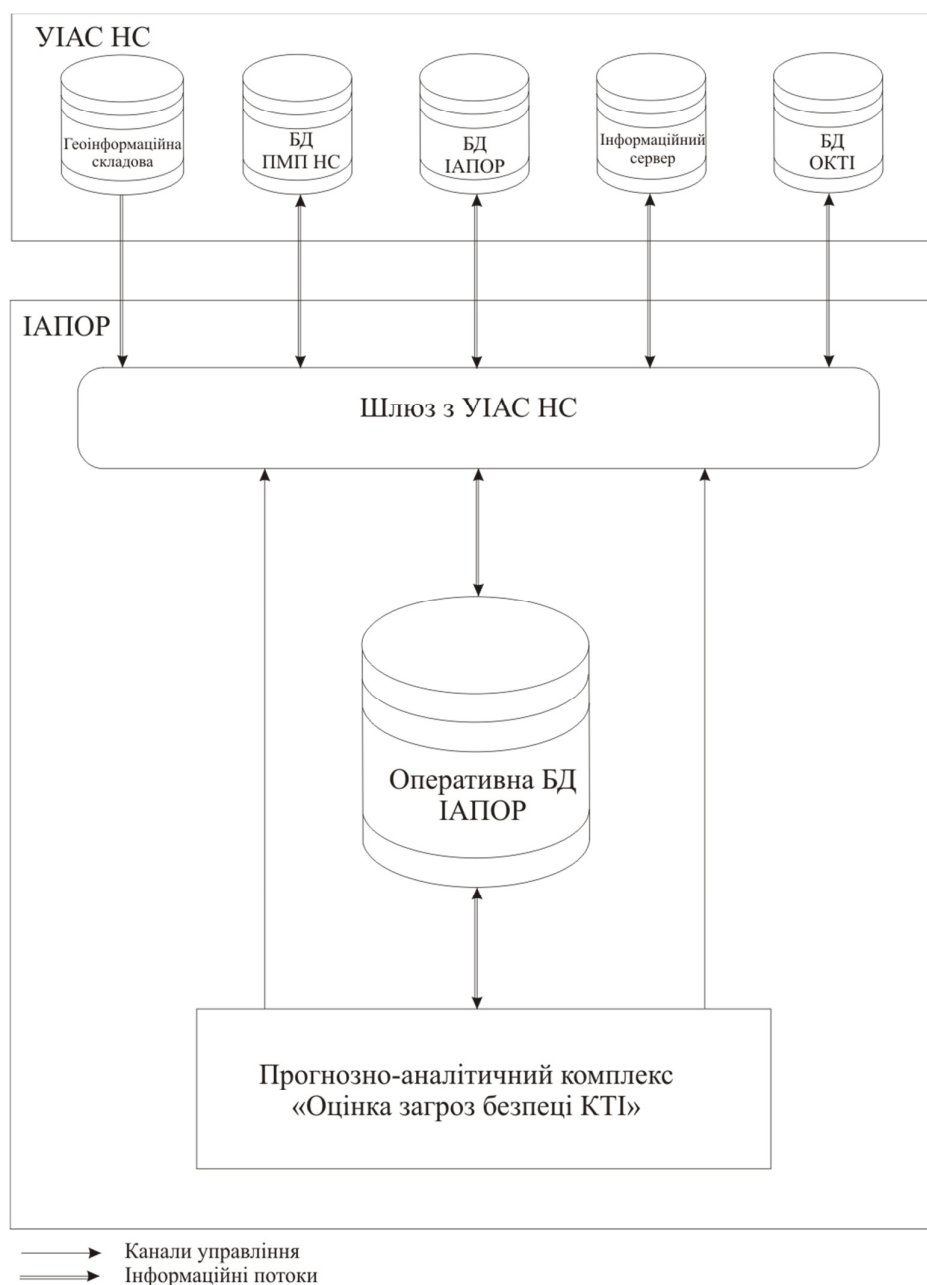


Рис. 4.1 – Загальна структура ІАПОР у складі УІАС НС [23]

ПАК за допомогою програмно-технічних засобів “Шлюз з УІАС НС” має використовувати відповідні інформаційні ресурси, що розміщені у центральній підсистемі УІАС НС.

БД “ОКТІ” вміщує статистичну інформацію щодо параметрів об’єктів критичної транспортної інфраструктури включаючи основні автошляхи, залізниці, магістральні газопроводи на території адміністративних областей України. Ця інформація має бути використана для статистичних оцінок

закономірностей розвитку НС різного походження з урахуванням впливу небезпечних екзогенних геологічних процесів на регіональному рівні.

Геоінформаційна складова УІАС НС включає базову електронну карту території України М 1:200 000 з необхідною кількістю шарів, що є офіційною топографічною основою для просторової прив'язки НС і супутньої інформації, оцінки і відображення геопросторових параметрів зон розвитку НС і підготовки управлінських рішень щодо відпрацювання адекватних запобіжних заходів. Зазначена карта має стати інформаційною основою для просторової оцінки та побудови карт ризиків на території України.

БД ПМП НС, що створена і розвивається у рамках комплексної підсистеми моделювання і прогнозування (ПМП) НС, має надавати оперативну інформаційну підтримку процесам прогнозу оцінки наслідків НС різного походження, можливих на території України. Використання цієї БД та інформаційних технологій ПМП НС надає можливість суттєво підвищити ефективність виявлення та оцінки прогнозованих станів об'єктів і територій підвищеного природно-техногенного ризику.

Інформаційний сервер УІАС НС використовується для публікації результатів комплексної оцінки загроз безпеці відповідних об'єктів КТІ на регіональному рівні. Це необхідно, зокрема, для подальшого їх використання в інших підсистемах УІАС НС за багатоцільовим призначенням.

БД "ІАПОР" забезпечує прогнозні та аналітичні розрахунки інформацією про стан та інші характеристики ОКТІ, що використовуються при визначенні загроз НС при експлуатації в умовах небезпечних екзогенних геологічних процесів.

Робота ПАК відбувається з використанням інформації БД ІАПОР, БД загальнодержавних довідників, БД документообігу та інших інформаційних ресурсів, що входять до складу інформаційного середовища УІАС НС і розміщуються в центральній підсистемі (рис. 4.2).

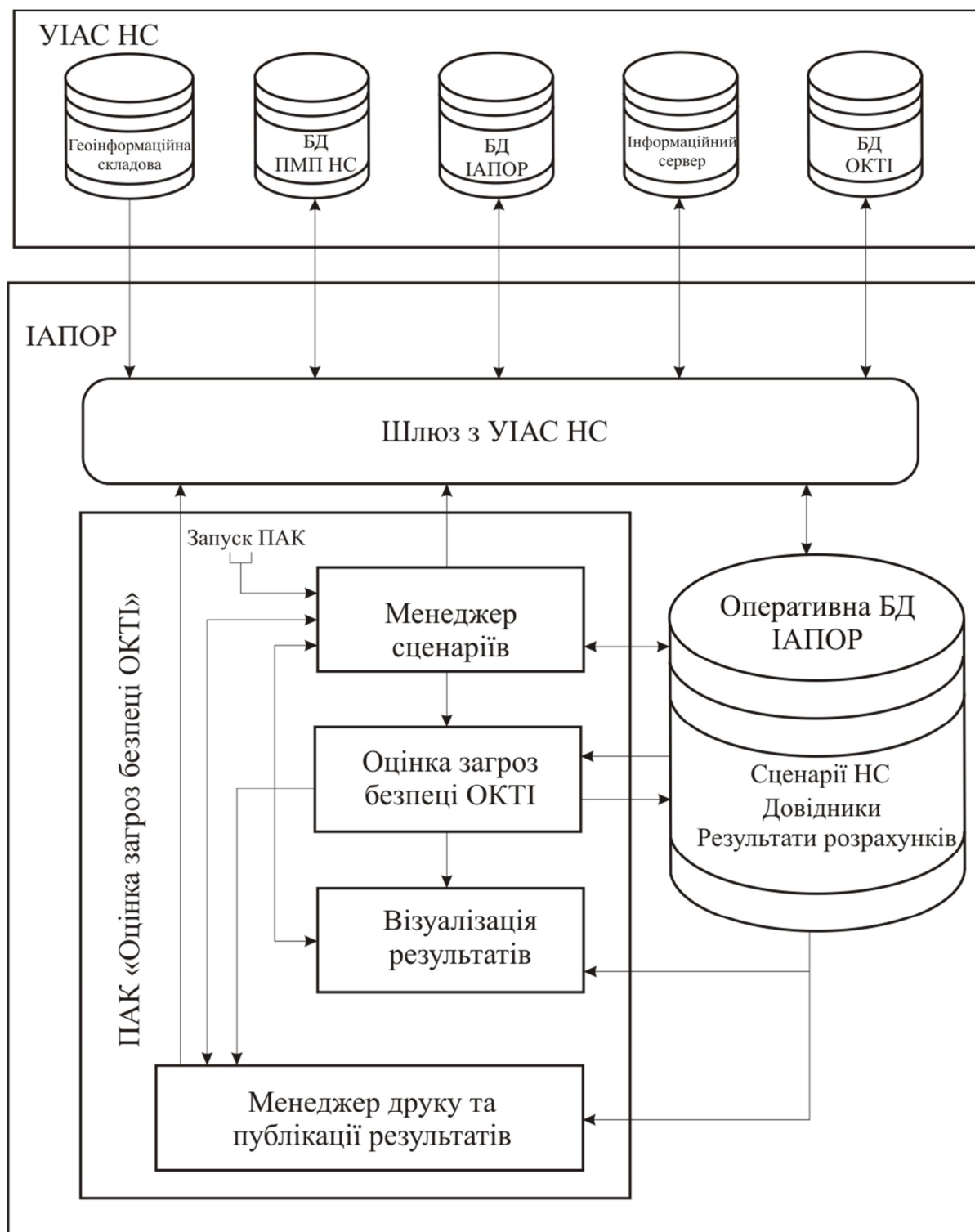


Рис. 4.2 – Структура прогнозно-аналітичного комплексу ОЗКІ

Структурний склад кожного прогнозно-аналітичного комплексу ІАПОР включає наступні функціональні блоки :

- ФБ “Менеджер сценаріїв”;

- ФБ “Оцінка загроз безпеці КТІ”;
- ФБ “Візуалізація результатів”;
- ФБ “Менеджер друку та публікації результатів”.

У процесі роботи цих блоків формуються та постійно актуалізуються такі бази даних:

- БД ІАПОР в середовищі СУБД Informix, що розміщена у центральній підсистемі та входить до складу інформаційних ресурсів УІАС НС;
- оперативна БД ІАПОР, що розміщена на робочій станції ІАПОР в середовищі Access.

Зазначені БД містять наступні розділи:

- сценарії розвитку НС;
- інформаційні моделі методик оцінки;
- результати розрахунків.

Робота ПАК, що функціонує у середовищі геоінформаційної системи, виконується із застосуванням оперативної БД ІАПОР таким чином.

Після запуску користувачем ПАК активізується ФБ “Менеджер сценаріїв”, що здійснює [23]:

- аналіз версій БД ІАПОР, що знаходиться у центральній підсистемі УІАС НС, та оперативної БД, що міститься на робочій станції ІАПОР. У разі виявлення розбіжностей виконується актуалізація оперативної БД ІАПОР на основі інформації центральної підсистеми УІАС НС;
- активізацію інтерфейсу, що надає користувачу можливість вибору сценарію з тих, що містяться в оперативній БД ІАПОР, чи вводу нового сценарію.

Після завершення роботи ФБ “Менеджер сценаріїв” користувач може здійснити:

- у разі вибору сценарію, що знаходиться в оперативній БД ІАПОР, та має результати оцінки загроз безпеці ОКТІ за цим сценарієм,

виклик ФБ “Візуалізація результатів” чи ФБ “Менеджер друку та публікації результатів”;

- у разі вводу нового сценарію передачу його до ПАК для оцінки загроз безпеці ОКТИ.

Після завершення роботи ПАК і отримання результатів оцінки здійснюється активізація ФБ “Оцінка загроз безпеці КТИ”.

У процесі роботи цього блоку реалізуються функціональні зв’язки вибраного ПАК із інформаційними ресурсами УІАС НС.

По завершенні роботи ФБ “Оцінка загроз безпеці ОКТИ” та отриманні результатів оцінки здійснюється активізація ФБ “Візуалізація результатів”. Користувач може зберегти сценарій і результати розрахунків в оперативній БД ІАПОР для подальшого використання, а також здійснити:

- виклик ФБ “Менеджер друку та публікації результатів” для отримання звітів;
- публікацію результатів оцінки ризиків у додатки Microsoft Office;
- публікацію результатів в інформаційний сервер УІАС НС;
- внесення картографічних результатів до геоінформаційної складової УІАС НС.

Завершення роботи вибраного ПАК має призводити до актуалізації БД ІАПОР, що знаходиться в центральній підсистемі УІАС НС.

Для функціонування ІАПОР застосовується наступна конфігурація ПЕОМ:

- Intel Core 2 Duo E 6550;
- об’єм пам’яті: 1 Gb (RAM);
- об’єм жорсткого диску: 300 GB (HDD);
- відеоадаптер (128 MB відео пам’яті);
- монітор 20”;
- мережева плата;
- стандартні пристрої вводу включаючи клавіатуру та мишу.

Прогнозно-аналітичний комплекс реалізується у вигляді окремих проектів в системі ArcView 9.x і програмних модулів, що викликаються із програмного середовища ArcView.

Геоінформаційна система ArcView функціонує у програмному середовищі Windows (2000, XP, 7, 8, 10).

Програмний комплекс для оцінки загроз безпеці ОКПІ створено в системі програмування Visual Basic Application для Arcview 8.x з використанням бібліотек компонентів ArcObject, що входять до складу ArcView 8.x та ряду інших бібліотек, які підтримують стандарт Microsoft COM.

Система програмування Visual Basic Application забезпечує реалізацію в програмних модулях протоколів OLE DB/ADO 2.0 доступу до атрибутивної та просторової інформації від різних джерел даних.

Використання новітніх засобів розробки програмних засобів, зокрема, дизайнерів форм дозволяє створити зручний інтерфейс в ІАПОР, орієнтований на оперативну роботу з користувачами.

Інструментальні засоби VB 6.0 та ArcView 8.x надають широкі можливості для формування звітів як автоматично після завдання їх характеристик за відповідною процедурою, так і в інтерактивному режимі.

Розроблені програмні засоби забезпечують необхідну оперативність і надійність комп'ютерної реалізації прогнозно-аналітичних розрахунків та електронного картування природно-техногенних загроз безпеці функціонування КТІ включаючи залізниці та магістральні газопроводи.

Підвищення оперативності роботи програмних засобів ПАК досягається шляхом використання:

- загальносистемних технічних рішень щодо оптимального доступу до всіх даних, необхідних для розрахунків, шляхом застосування стандартних геоінформаційних технологій, закладених в продуктах ESRI – ArcView 8.x, ArcInfo 8.x, ArcSDE ;

- алгоритмів просторового моделювання та ГІС-аналізу, що закладені в компонентах ArcView 8.x, Spatial Analyst, 3D Analyst та в прикладних програмах;
- сучасних інформаційних технологій розповсюдження даних в підсистемах прийняття рішень у складі УІАС НС, що базуються на засобах Internet.

Підвищення надійності функціонування ІАПОР забезпечується за рахунок:

- розміщення БД ІАПОР на резервному вузлі УІАС НС, що гарантує більш надійне збереження інформації;
- застосування відлагоджених програмних компонентів, що відповідають СОМ – моделі;
- забезпечення надійності каналів передачі оперативної інформації між підсистемами УІАС НС;
- використання єдиної системи захисту від несанкціонованого доступу, що діє в УІАС НС;

Економічність розробки пов'язана з використанням стандартних інструментальних програмних засобів, а також спільних для всіх підсистем інформаційних ресурсів УІАС НС.

ІАПОР передбачає ефективну функціональну взаємодію з програмними компонентами інших складових підсистем УІАС НС. Програмна реалізація ІАПОР має вигляд набору програмних компонент, що реалізують моделі оцінки загроз безпеці ОКТІ у просторово-часовій прив'язці. Ці компоненти можна викликати як в самостійних додатках, так і через інтерфейс ArcGIS. Загальна структура функціональних взаємозв'язків розроблених програмних засобів ПАК ОЗБ КТІ у складі ІАПОР зображена на рис. 4.3.

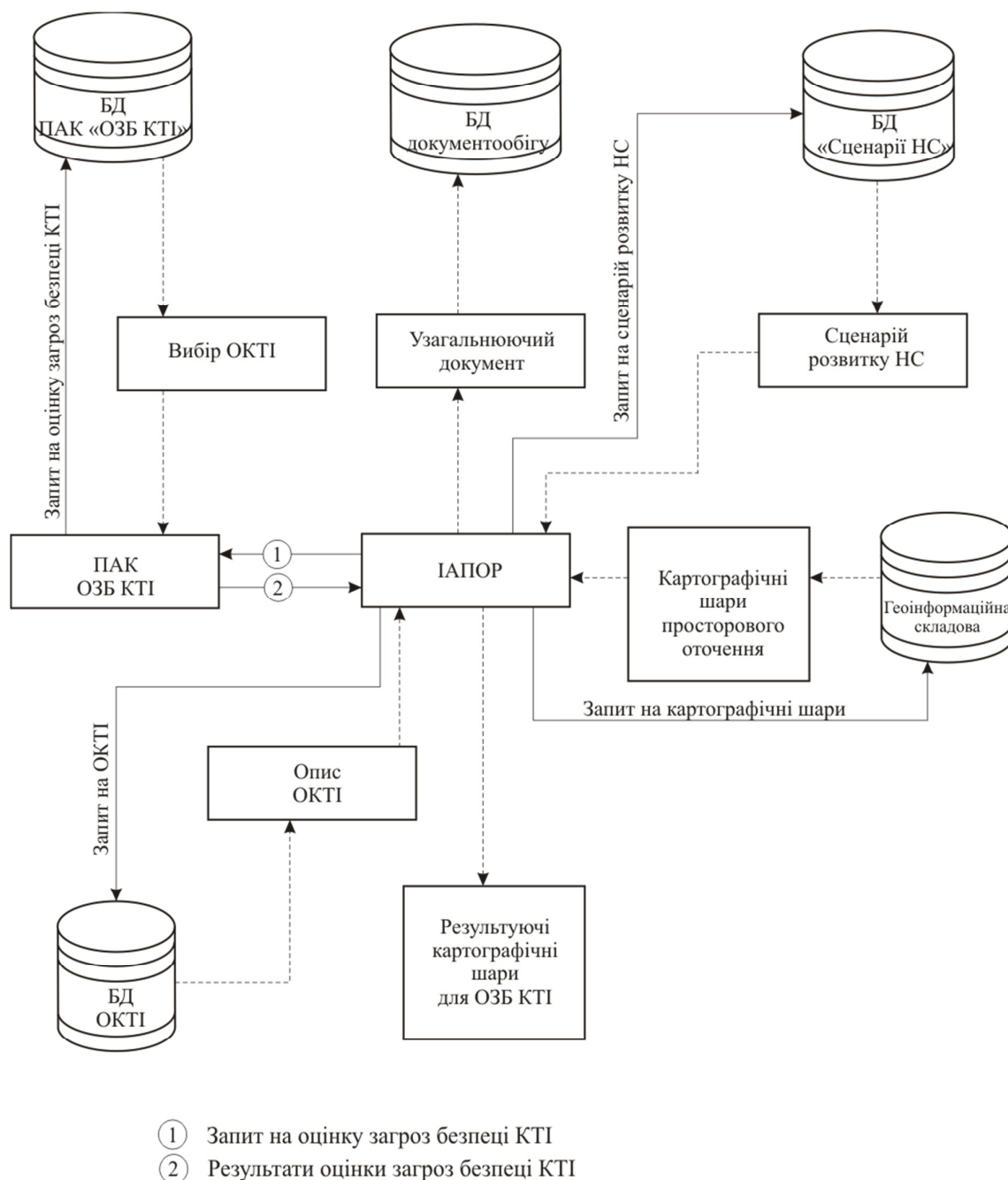


Рис. 4.3 – Структура функціональних взаємозв'язків ІАПОР [23]

Практичне застосування і подальше удосконалення розроблених алгоритмічних та інформаційно-програмних засобів оцінки загроз безпеці ОКТІ в рамках інтегрованої інформаційно-аналітичної системи з використанням ГІС-технологій забезпечує:

- обґрунтовану оцінку загроз безпеці ОКТИ на потенційно небезпечних територіях з урахуванням взаємовпливу техногенних і природних чинників регіонального рівня;
- підвищення ефективності взаємодії з користувачами за допомогою інтерактивного інтерфейсу і картографічного відображення результатів оцінки загроз засобами ГІС-технологій;
- комплексне відпрацювання взаємодії ІАПОР з іншими підсистемами УІАС НС в єдиному технологічному процесі підтримки управлінських рішень із запобігання і реагування на НС;
- широку загальність і універсальність розробки, можливість її модернізації та розвитку;
- надійне функціонування системи, можливість її використання в різних режимах роботи включаючи учбово-тренувальний, експертно-моделюючий, оперативно-диспетчерський режими.

Ефективна взаємодія ПАК ОЗБ ОКТИ з іншими компонентами УІАС НС дозволяє практично розв'язувати задачі обґрунтованої оцінки загроз безпеці ОКТИ з урахуванням впливу небезпечних екзогенних геологічних процесів на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки, а також підвищувати ефективність взаємодії користувачів із системою.

Відпрацювання розроблених програмно-технічних засобів на прикладах найбільш значимих джерел природної, техногенної і природно-техногенної небезпеки в Україні практично підтвердило працездатність, ефективність і широку загальність розроблених системних принципів, методів і програмно-технологічних засобів для обґрунтованої оцінки загроз і ризиків для експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури.

4.4 Програмно-технічна реалізація оцінки загроз безпеці ОКТИ

На основі розробленого методу оцінки загроз інженерно-геологічного походження для безпеки ОКТИ розроблено алгоритм взаємодії програмних

засобів оцінки з інформаційними ресурсами та базами даних, що визначає послідовність кроків для проведення процесів вводу параметрів, оцінки та формування результатів. Проведено адаптацію алгоритма для застосування в автоматизованому режимі у складі геоінформаційної системи.

Адаптований алгоритм реалізується за наступними кроками (Рис. 4.4):

1. Введення вхідних параметрів для оцінки, що включають характеристики ОКТІ (тип, протяжність в регіонах України), характеристики НЕГП в регіонах (тип, площа ураження), геопросторові параметри регіонів України.
2. Вибір типу ОКТІ, що представлені магістральними залізничними шляхами та газпроводами в регіонах України.
3. Вибір регіону України для проведення оцінки.
4. Вибір типу НЕГП, що включають процеси підтоплення земель, просідання лесових ґрунтів, карстові процеси, зсуви або їх комбінований вплив.
5. Проведення оцінки загроз інженерно-геологічного походження для безпеки ОКТІ та визначення масштабу впливу обраного типу загроз на регіональному рівні.
6. Візуалізація результатів, що передбачає побудову електронної карти просторового оточення обраного типу ОКТІ, формування табличних і текстових звітів щодо оцінки обраного типу загроз НЕГП на визначений ОКТІ в регіоні України.
7. Вибір наступного ОКТІ для оцінки або завершення роботи.

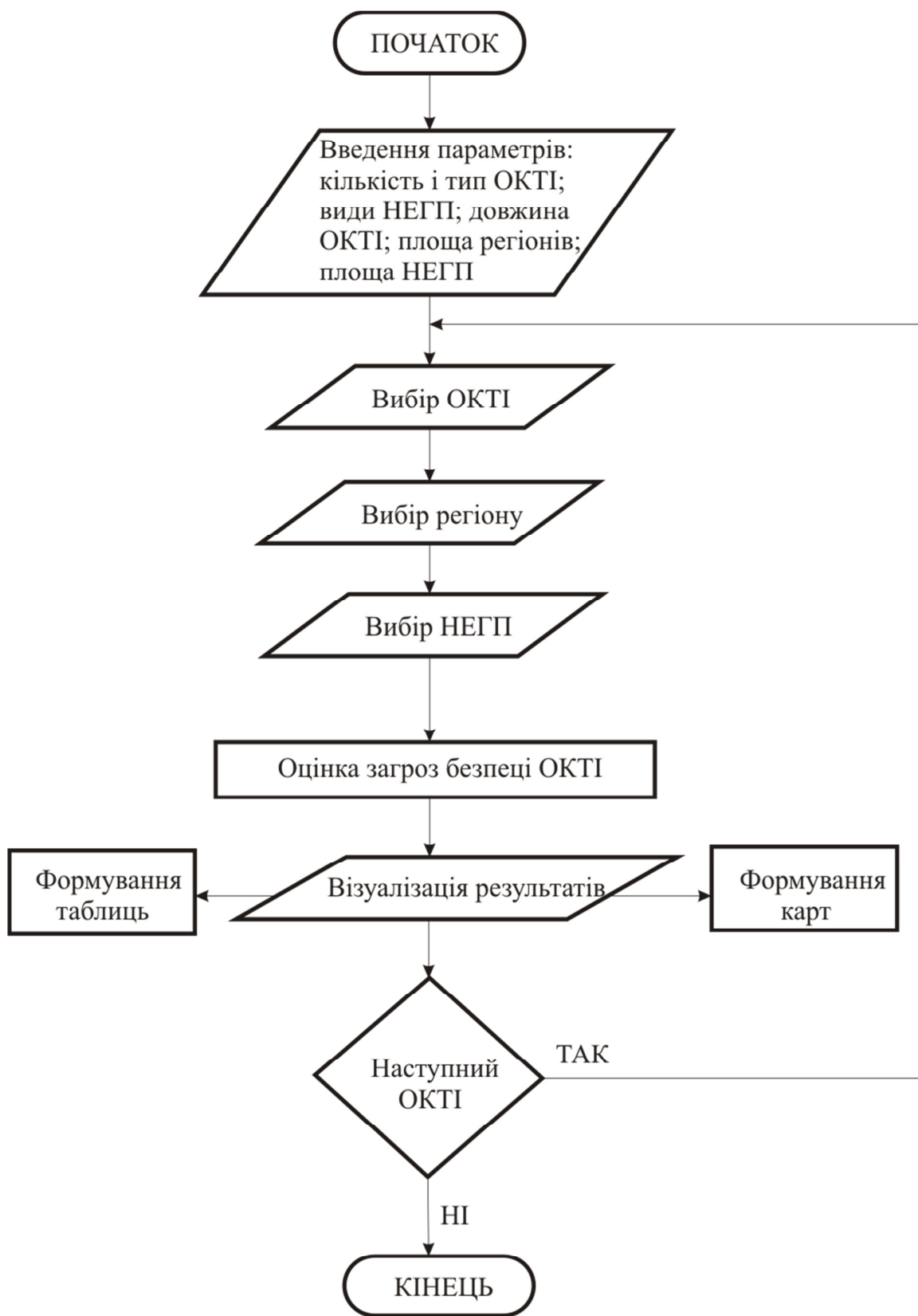


Рис. 4.4 – Блок схема алгоритму взаємодії програмних засобів оцінки загроз безпеці ОКТІ

В дисертаційній роботі в якості геоінформаційної основи розроблених програмних засобів використовувалася електронна карта території України масштабу 1: 200000, що включає шари адміністративних областей держави, а також шари транспортної інфраструктури, серед якої в роботі розглядаються магістральні газопроводи, основні автошляхи, магістральні залізничні шляхи (Рис 4.4).

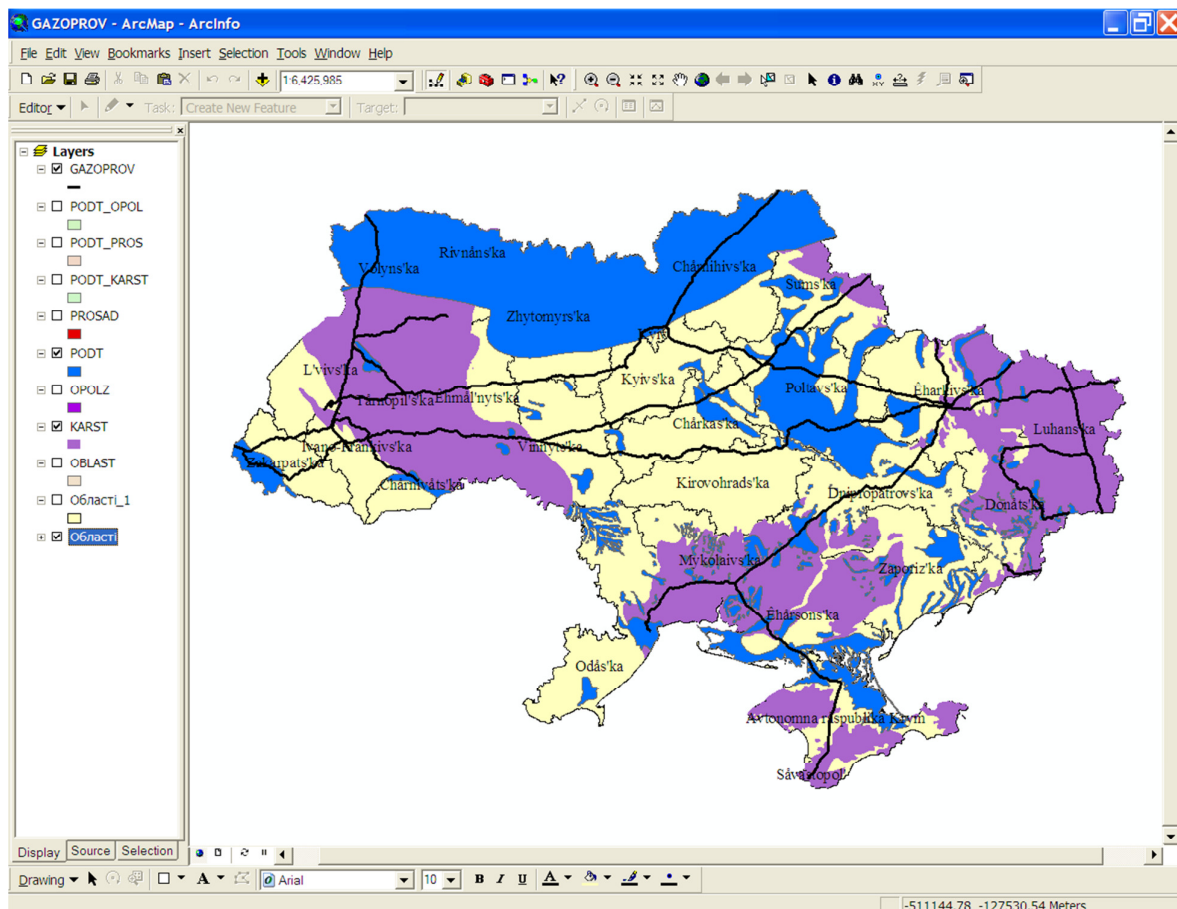


Рис. 4.4 – Програмний інтерфейс ArcMap

Для проведення автоматизованої оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України в середовищі ГІС ArcMap за даними Державного науково-виробничого підприємства "Державний інформаційний геологічний фонд України" було здійснено оцифрування та інтеграцію до геоінформаційної системи шарів розповсюдження екзогенних геологічних процесів на території України включаючи підтоплення, карст, просідання лесів, зсувів, а також їх спільних проявів.

Програмну реалізацію оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні виконано з використанням Visual Basic for Applications в середовищі Arc Map версії 9 (Рис. 4.5).

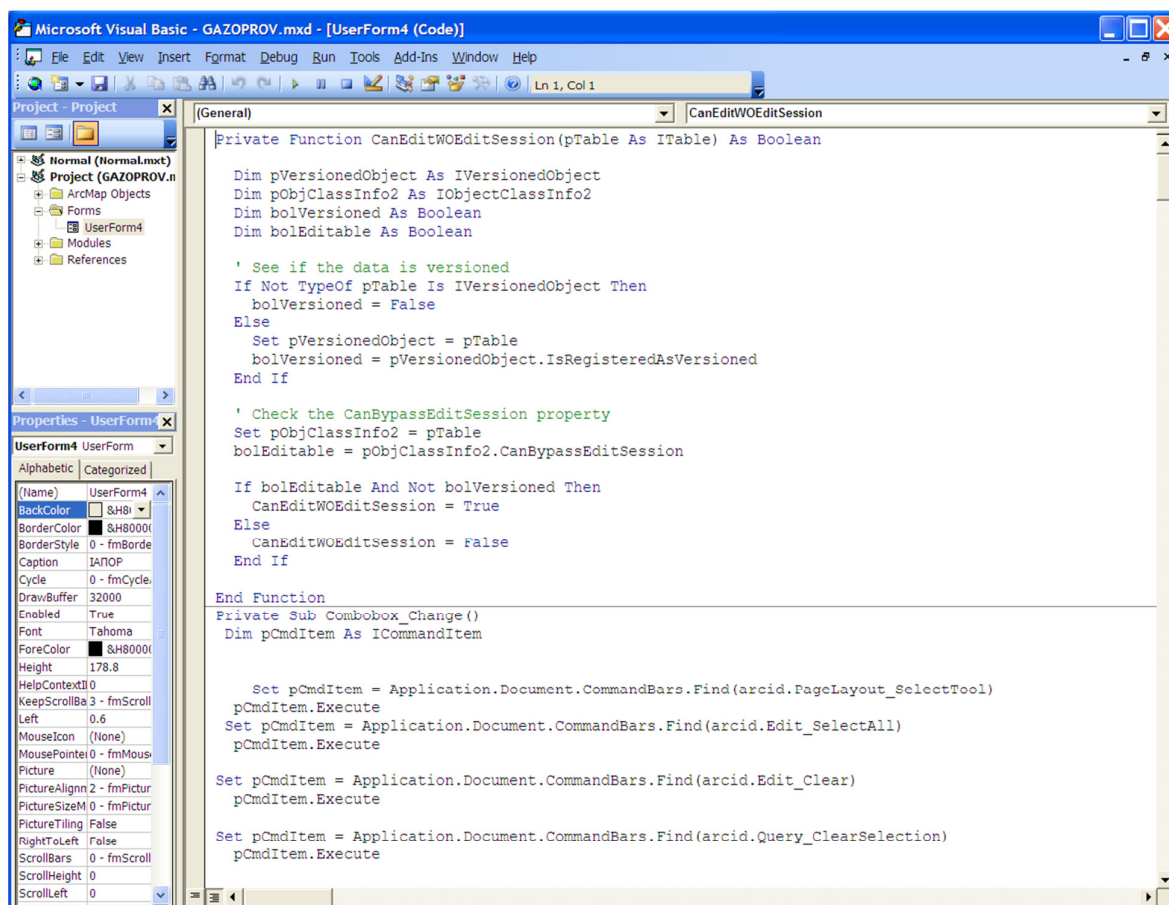


Рис. 4.5 – Фрагмент програмного коду розроблених програмних засобів оцінки загроз безпеці ОКТИ (*Visual Basic for Applications*)

Програмна реалізація оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури на прикладі магістральних газопроводів виконана у вигляді зручної форми, що викликається з панелі інструментів ArcMap (Рис. 4.6).

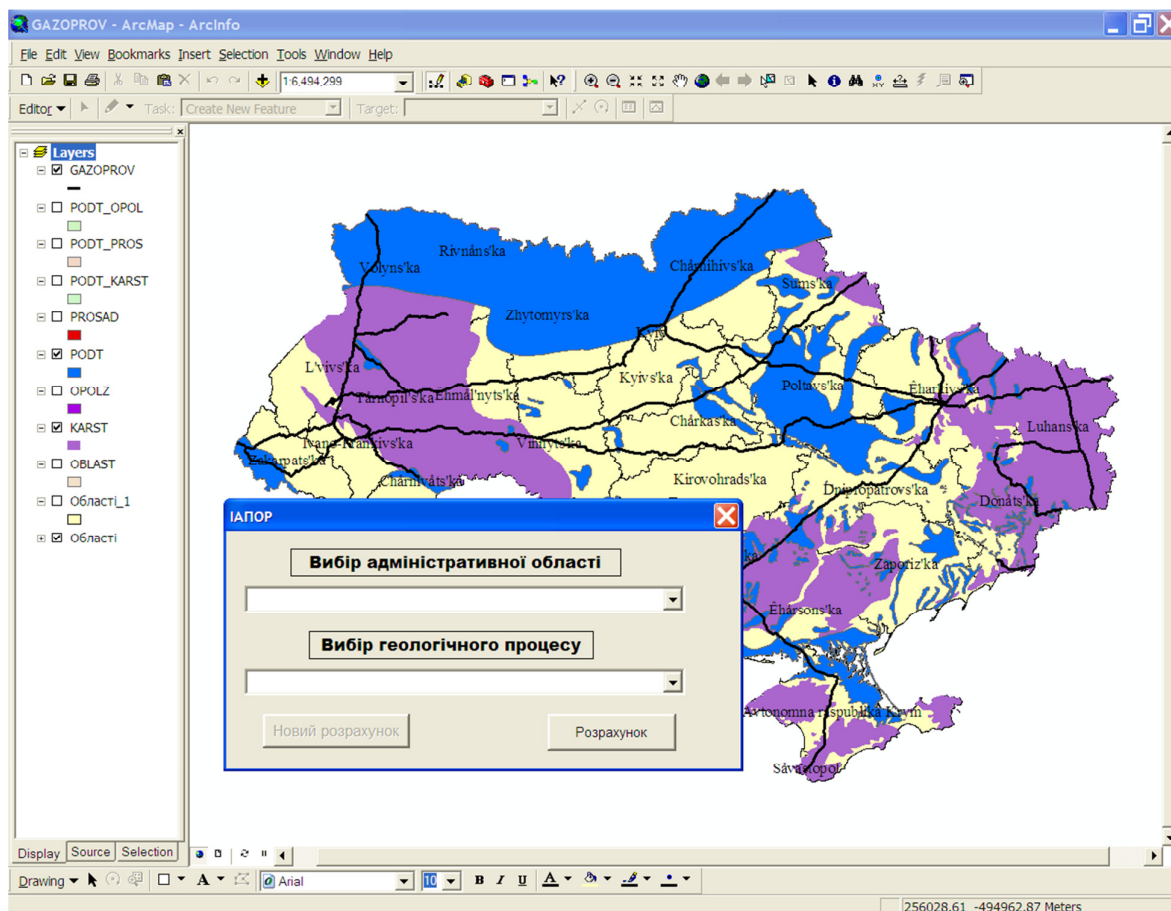


Рис. 4.6 – Інтерфейс програми для оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури

Програмна форма забезпечує вибір адміністративної області, по території якої проходить мережа газопроводів, а також вибір екзогенного геологічного процесу, що може негативно впливати на безпеку експлуатації відповідної ділянки газопроводу (Рис. 4.7).

В результаті вибору відповідної області відбувається масштабування електронної карти території України на територію області та її виділення у вікні програми. Програмну форму можна переміщувати по екрану для зручності сприйняття графічної інформації.

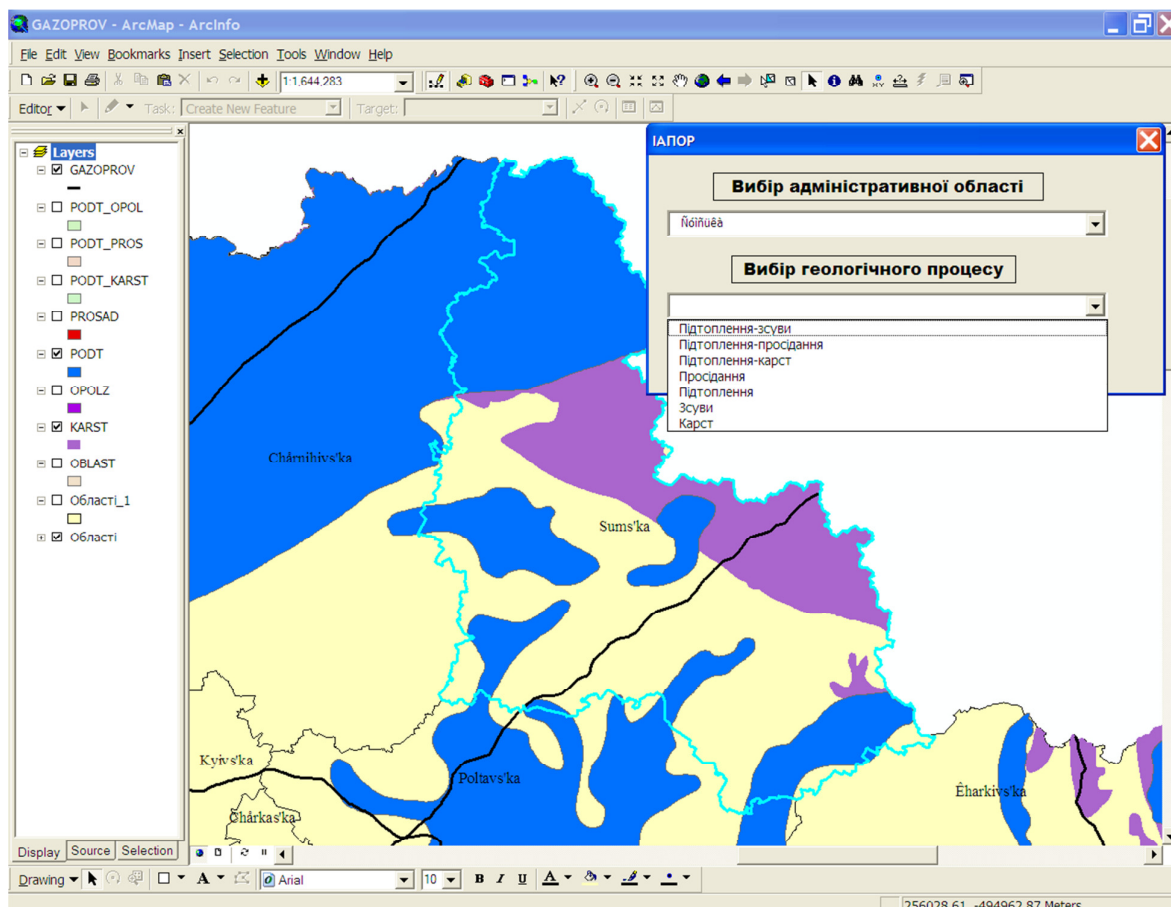


Рис. 4.7 – Вибір екзогенних геологічних процесів для оцінки загроз безпеці газопроводів

Вікно вибору екзогенного геологічного процесу передбачає вибір одного з них для проведення оцінки. У програмній формі реалізовано можливість вибору карсту, зсувів, підтоплення, просідання лесових ґрунтів та їх спільного впливу для оцінки їх впливу на безпеку функціонування магістральних газопроводів.

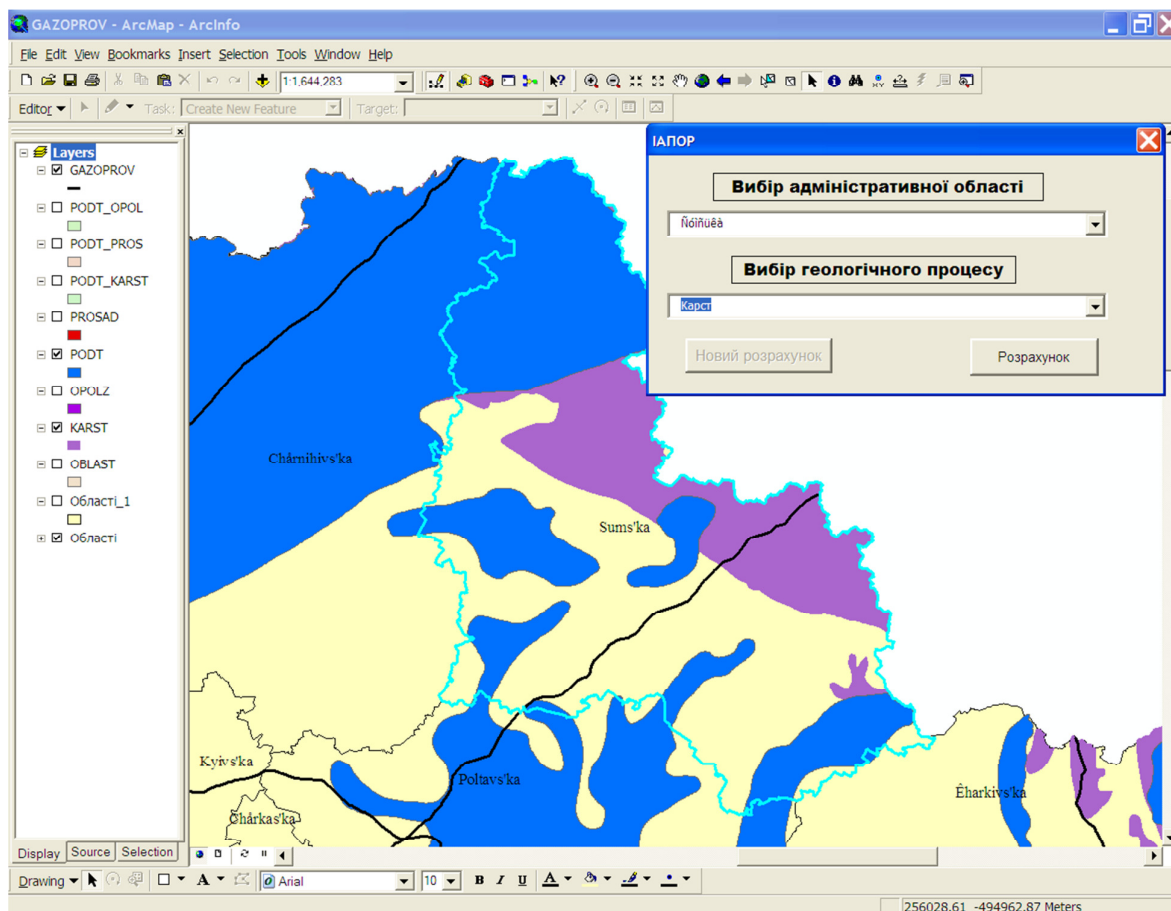


Рис. 4.8 – Вибір адміністративної області для оцінки загроз безпеці газопроводів

Після вибору адміністративної області (обрано Сумську область) і відповідного геологічного процесу (в даному випадку карст) активується кнопка «Розрахунок», після натискання якої відбувається оцінка карстових загроз для безпеки експлуатації магістральних газопроводів на території Сумської області.

За результатами розрахунку формується відповідна таблиця, де вказується назва адміністративної області, екзогенний геологічний процес, довжина газопроводу в зоні впливу даного геологічного процесу (Табл. 4.1). Також відбувається експортування таблиці результатів оцінки в середовище MS Word.

Таблиця 4.1 – Результати оцінки загроз безпеці газопроводів на території
Сумської області

<i>Адміністративна область</i>	<i>Довжина газопроводів на території області, м</i>	<i>Геологічний процес</i>	<i>Довжина газопроводів в зонах впливу геологічного процесу, м</i>	<i>Частка довжини газопроводів в умовах геологічних загроз, %</i>
<i>Сумська</i>	<i>144,200.02</i>	<i>Карст</i>	<i>47,938.84</i>	<i>33.24</i>

Крім того, за результатами оцінки формується електронна карта обраної адміністративної області, що відображає розповсюдження по її території обраного екзогенного геологічного процесу та проходження газопроводу. Карта також експортується в середовище MS Word для подальшого формування звіту за результатами оцінки (Рис. 4.9).

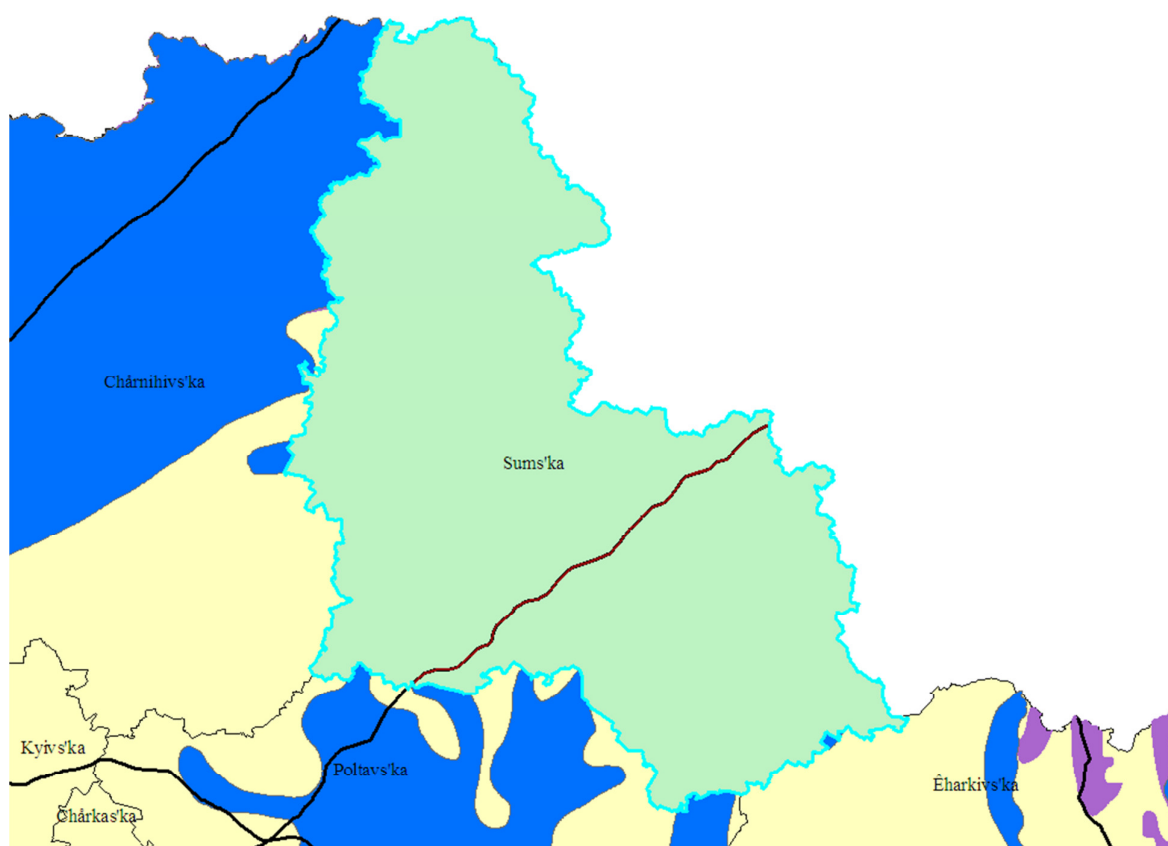


Рис. 4.9 – Карта результатів оцінки та її експорт в середовище MS Word.

4.5 Вимоги до програмних засобів оцінки загроз безпеці ОКТИ

Ефективна робота розроблених програмних засобів забезпечує виконання низки необхідних функцій у складі удосконаленої ІАПОР, найбільш важливими з яких є:

- забезпечення інформаційного зв'язку із складовими УІАС НС, що постачають вихідні дані для оцінки загроз безпеці експлуатації залізничного транспорту та магістральних газопроводів, класифікатором надзвичайних ситуацій, даними електронного картографічного фонду УІАС НС, базою даних оперативної інформації про надзвичайні ситуації;
- оцінювання регіональних ризиків природно-техногенних НС внаслідок індивідуального та спільного впливу підтоплення, просідання лесових ґрунтів та карстових процесів на інженерно-техногенну безпеку залізничного транспорту та магістральних газопроводів;
- формування результатів аналізу та прогнозування техногенних і природних загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури для передачі підсистемам УІАС НС;
- надання інформації для звітів щодо визначених НС на об'єктах критичної транспортної інфраструктури.

Вимоги до математичного забезпечення передбачають наявність сукупності математичних методів, моделей і алгоритмів, що є основою для розробки прикладних програм розв'язання задач оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури України на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки.

До складу базового математичного забезпечення повинні входити:

- формалізовані методи опису стану об'єктів критичної транспортної інфраструктури та динаміки перебігу процесів в умовах різних НС;
- методи комп'ютерного моделювання, в тому числі в умовах невизначеності та неповноти знань про процеси або об'єкти, що моделюються;

- методи побудови моделей недостатньо формалізованих і неформалізованих процесів та об'єктів;
- методи просторового аналізу процесів та об'єктів.

Вимоги до інформаційного забезпечення передбачають необхідність отримання доступу до наступних баз даних та інформаційних масивів УІАС НС [23]:

- класифікатори надзвичайних ситуацій;
- БД оперативної інформації про надзвичайні ситуації;
- електронний картографічний фонд УІАС НС;
- БД “Загальнодержавний реєстр потенційно небезпечних об'єктів”.

При цьому бази даних ІАПОР мають містити розділи, серед яких актуальні сценарії розвитку техногенних та природних НС, інформаційні моделі методик оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури в умовах небезпечних екзогенних геологічних процесів, результати оцінки на регіональному рівні.

Формати картографічних даних, в яких будуть представлені результати оцінки в ІАПОР, повинні співпадати з форматами даних електронного картографічного фонду УІАС НС.

Розроблені програмні засоби в рамках удосконаленої ІАПОР представляють сукупність програм, що забезпечують реалізацію процесів контролю, аналізу та оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні за допомогою засобів просторового аналізу ГІС, інтеграцію підсистеми з іншими підсистемами у складі УІАС НС та просторово-часову інтерпретацію результатів оцінки в єдиному інформаційному середовищі.

Програмне забезпечення удосконаленої ІАПОР має включати такі компоненти:

- прикладні програмні засоби для розв'язання задач оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні в умовах прояву екзогенних геологічних процесів;

- геоінформаційну систему ArcGis 8.2 або пізнішу версію;
- додатки до ArcGis 8.x, що реалізують методи просторового аналізу включаючи Spatial Analyst 2.0, 3D Analyst, Network Analyst;
- програмний інтерфейс користувача, що є продовженням стандартного інтерфейсу ArcGis 8.x;
- програмні інтерфейси обміну даними між ГІС та іншими підсистемами УІАС НС.

Розроблені прикладні програмні засоби повинні мати модульну структуру та забезпечувати їх незалежність від фізичного надходження даних і відкритість для включення нових задач.

Програмне середовище комплексу повинно використовувати операційну систему MS Windows XP, 7, 8.

Висновки до розділу 4

1. Обґрунтовано основні передумови створення програмних засобів для здійснення оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури (ПЗОЗБ) на регіональному рівні в автоматизованому режимі у середовищі з використанням технологій ГІС. Розроблено і запропоновано засоби функціональної взаємодії ПЗОЗБ з інформаційними ресурсами, що включають геоінформаційну складову, БД “Реєстр потенційно небезпечних об’єктів”, а також БД об’єктів критичної транспортної інфраструктури.

2. Для оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури об’єктах з урахуванням негативного впливу НЕГП на регіональному рівні з використанням ГІС розроблено ПЗОЗБ. ПЗОЗБ створено у вигляді проблемно-орієнтованого проекту ArcMap з використанням мови програмування Visual Basic для стандартів ArcGIS 8.x. ПЗОЗБ функціонує в інструментальній взаємодії і використовує функціональні зв’язки з відповідними інформаційними ресурсами (рис. 4.3).

3. З урахуванням можливостей операційного середовища та практичних потреб роботи оператора розроблено графічний інтерфейс користувача ПЗОЗБ (рис. 4.6). Він реалізований у вигляді екранної форми, що забезпечує виконання послідовності дій оператора з оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури: вибору адміністративної області для дослідження, вибору об'єкта критичної транспортної інфраструктури, вибору небезпечного екзогенного геологічного процесу, виводу результатів оцінки. Результати роботи ПЗОЗБ надаються у вихідних формах на електронних і паперових носіях у картографічному, табличному і текстовому вигляді.

4. За результатами оцінки створено базу даних електронних карт актуальних загроз геологічного походження безпеці експлуатації магістральних газопроводів в регіонах України (Додаток Б).

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [20, 94, 75, 190].

РОЗДІЛ 5

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ РЕГІОНІВ

5.1 Метод оцінки ризиків екологічній безпеці регіонів держави

В даній роботі оцінка ризику екологічній безпеці регіонів України базується на визначенні ймовірності втрат і збитків від природних і техногенних надзвичайних ситуацій.

Серед основних видів збитків від НС розглядаються негативні наслідки для основних об'єктів захисту регіону: населення, господарських об'єктів і довкілля. Виходячи з цього загальний ризик R_z для населення, господарських об'єктів і довкілля заданого регіону визначається

$$R_z = R_N + R_T + R_E, \quad (5.1)$$

де R_z – загальний ризик екологічній безпеці від НС різного походження для заданого регіону; R_N – ризик від втрати життя або здоров'я населення регіону від НС; R_T – ризик від втрати та ушкодження господарських об'єктів регіону внаслідок НС; R_E – ризик від втрати або ушкодження об'єктів довкілля регіону від НС.

Ризик від втрати життя і здоров'я населення при n НС протягом року визначається

$$\begin{aligned} R_N &= \sum_{i=1}^n P_{Ni} (V_{N1i} \cdot L_{N1i} \cdot N_{N1i} + V_{N2i} \cdot L_{N2i} \cdot N_{N2i}) = \\ &= \sum_{i=1}^n P_{Ni} \left(\frac{N_{N1i}}{N_{Ni}} L_{N1i} \cdot N_{N1i} + \frac{N_{N2i}}{N_{Ni}} L_{N2i} \cdot N_{N2i} \right), \end{aligned} \quad (5.2)$$

де P_{Ni} – ймовірність реалізації i – ї НС із втратою життя і здоров'я населення заданого регіону; V_{N1i} – уразливість населення до загибелі від i – ї НС; V_{N2i} – уразливість населення до втрати здоров'я від i – ї НС; N_{N1i} – кількість загиблих в результаті i – ї НС; N_{N2i} – кількість постраждалих в результаті при i – ї НС; N_{Ni} – чисельність населення регіону, для якого

оцінюється ризик; L_{N1i} – збитки від загибелі людей; L_{N2i} – збитки від ураження людей в результаті i – ї НС.

Ризик від втрати та ушкодження господарських об'єктів при n НС протягом року визначається

$$\begin{aligned} R_T &= \sum_{i=1}^n P_{Ti} (V_{T1i} \cdot L_{T1i} \cdot N_{T1i} + V_{T2i} \cdot L_{T2i} \cdot N_{T2i}) = \\ &= \sum_{i=1}^n P_{Ti} \left(\frac{N_{T1i}}{N_{Ti}} \cdot L_{T1i} \cdot N_{T1i} + \frac{N_{T2i}}{N_{Ti}} \cdot L_{T2i} \cdot N_{T2i} \right), \end{aligned} \quad (5.3)$$

де P_{Ti} – ймовірність реалізації i – ї НС із збитками для господарських об'єктів заданого регіону; V_{T1i} – уразливість господарських об'єктів до руйнування від i – ї НС; V_{T2i} – уразливість господарських об'єктів до ушкодження від i – ї НС; N_{T1i} – кількість зруйнованих об'єктів при i – й НС; N_{T2i} – кількість ушкоджених об'єктів від i – ї НС; N_{Ti} – загальна кількість ПНО в даному регіоні; L_{T1i} – збитки від руйнування ПНО; L_{T2i} – збитки від ушкодження ПНО в результаті i – ї НС.

Ризик від втрати або ушкодження об'єктів довкілля визначається

$$\begin{aligned} R_E &= \sum_{i=1}^n P_{Ei} (V_{E1i} \cdot L_{E1i} \cdot N_{E1i} + V_{E2i} \cdot L_{E2i} \cdot N_{E2i}) = \\ &= \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left(\frac{N_{E1i}}{N_{Ei}} \cdot L_{E1i} \cdot N_{E1i} + \frac{N_{E2i}}{N_{Ei}} \cdot L_{E2i} \cdot N_{E2i} \right), \end{aligned} \quad (5.4)$$

де P_{Ei} – ймовірність реалізації i – ї НС із збитками для довкілля даного регіону; V_{E1i} – уразливість об'єктів довкілля до руйнування від i – ї НС; V_{E2i} – уразливість об'єктів довкілля до ушкодження від i – ї НС; N_{E1i} – кількість втрачених об'єктів довкілля при i – й НС, N_{E2i} – кількість ушкоджених об'єктів довкілля в результаті i – ї НС, N_{Ei} – загальна кількість об'єктів довкілля в даному регіоні, L_{E1i} – збитки від втрати об'єктів довкілля регіону; L_{E2i} – збитки від ушкодження об'єктів довкілля в результаті i – ї НС.

Ймовірність втрат від різних типів НС на території заданого регіону визначається:

$$P_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i}; \quad (5.5)$$

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i}, \quad (5.6)$$

де P_i – статистична ймовірність збитків i -го типу НС в заданому регіоні; P_o – ймовірність відсутності збитків від усіх типів НС в регіоні; N_i – кількість збиткових випадків, що сталися у результаті i -го типу НС в даному регіоні; M_i – кількість випадків без збитків при реалізації i -го типу НС в регіоні.

5.2 Оцінка ризику втрати життя і здоров'я населення в регіонах України

Ризик від втрати життя і здоров'я населення від НС різного походження протягом року визначається за формулою 5.2. При цьому ймовірність втрати життя і здоров'я населення від різних типів НС на території заданого регіону визначалася за виразом 5.5.

Так, для умов Запорізької області ймовірність втрати життя і здоров'я населення від НС становитиме

$$P_{Ni} = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i} = \frac{78}{78 + 128} = 0,38.$$

В даній роботі проведено оцінку динаміки змінювання уразливості населення регіонів до загибелі внаслідок НС, що визначалася протягом 2000-2011 рр. за формулою 5.2. Цей показник характеризує частку населення регіону, що може загинути в результаті реалізації НС на його території. Результати розрахунків групувалися для адміністративних областей Західного, Центрального, Північного, Південного та Східного регіонів України (рис. 5.1 – 5.5).

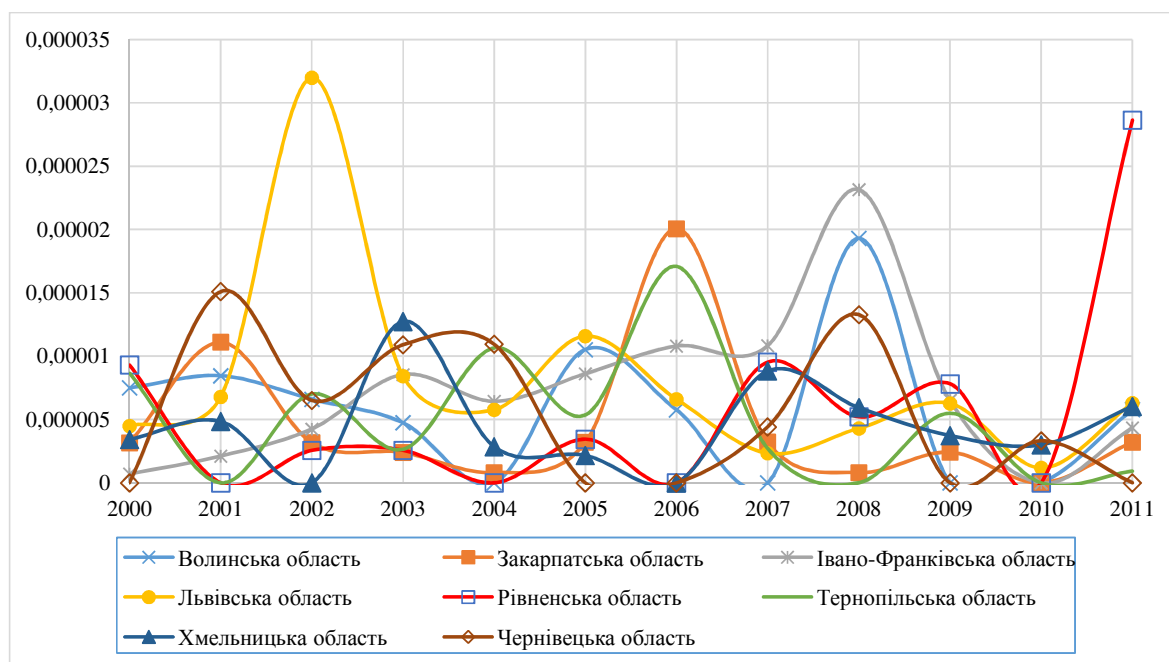


Рис. 5.1 – Динаміка уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Західного регіону

Результати оцінки засвідчують, що рівень уразливості населення до загибелі внаслідок НС у Львівській області має найвище значення у 2002 р. серед інших регіонів. Це обумовлено катастрофою літака 27 липня 2002 р. під час авіа шоу на Сквиливському аеродромі, внаслідок якої загинуло 78 і постраждало 250 осіб. Після 2002 р. динаміка уразливості населення у Львівській області мала стійку тенденцію до зниження. Привертає увагу високі рівні уразливості для Івано-Франківської, Чернівецької, Рівненської областей у 2008 р., що пояснюється масштабними негативними наслідками повеней і паводків в областях Західного регіону. Треба відмітити, що вплив глобальних змін клімату призводить до зростання частоти та інтенсивності повеней і паводків в Західній Україні, що відбувалися в 2001 р., 2008 р., 2011 р.

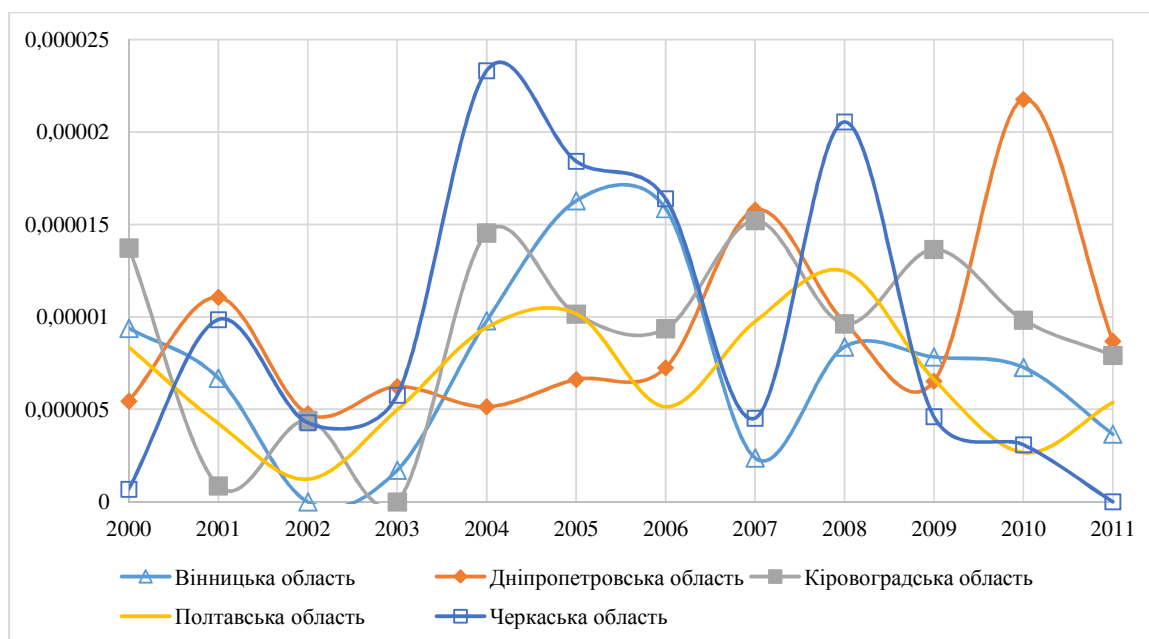


Рис. 5.2 – Динаміка уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Центрального регіону

Результати аналізу свідчать про подібність динаміки уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Центрального регіону. Найбільші значення уразливості для періоду досліджень фіксувалися у 2004 р. та 2008 р. у Черкаській області. Останніми роками динаміка змінювання уразливості населення в областях Центрального регіону мала тенденцію до зниження. Треба відмітити, що в цьому регіоні переважаючий вплив на стан екологічної безпеки формують загрози техногенного походження, обумовлені функціонуванням численних підприємств переробної промисловості.

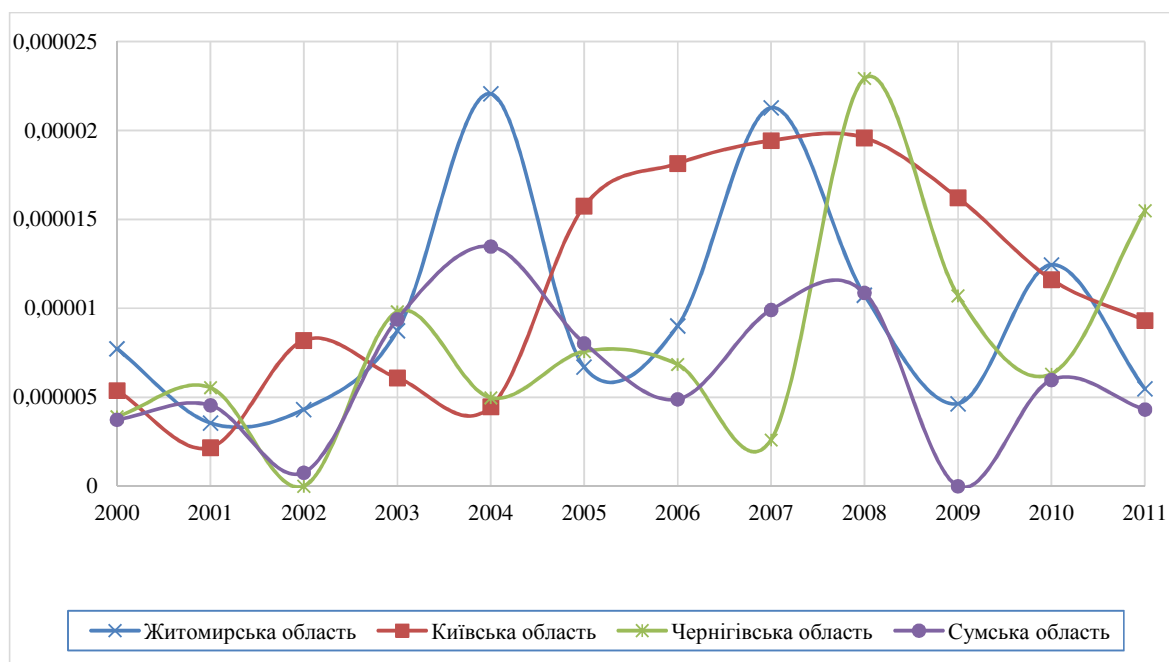


Рис. 5.3 – Динаміка уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Північного регіону

Результати аналізу свідчать про тенденцію до зростання рівня уразливості населення до загибелі внаслідок НС у Чернігівській області, хоча перевищення державного рівня відбувалося лише у 2003, 2008 та 2009 рр. Протягом більшої частини періоду досліджень рівень уразливості тут був нижчим за державний. Значні рівні уразливості були зафіксовані у Київській області протягом 2005-2009 рр., хоча останнім часом відмічається тенденція до поступового зниження значень уразливості в усіх областях Північного регіону за виключенням Чернігівської. Це обумовлено зростанням кількості надзвичайних ситуацій техногенного походження з негативними наслідками для населення і довкілля. Динаміка змінювання уразливості населення для Житомирської області характеризується стрибкоподібними коливаннями у 2004 р., 2007 р. та 2011 р. і має тенденцію до зниження.

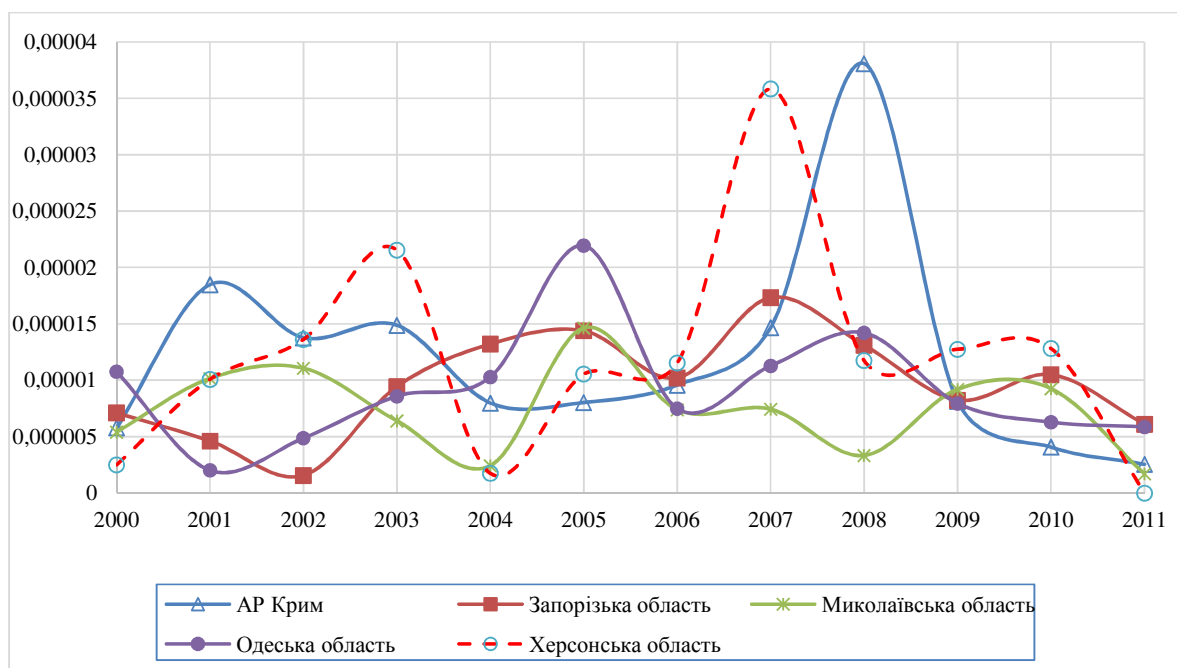


Рис. 5.4 – Динаміка уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Південного регіону

Серед областей Південного регіону Одеська, Запорізька та Миколаївська мають дуже схожу динаміку зміни показника уразливості населення, що коливається приблизно в схожих межах протягом періоду досліджень. Херсонська область характеризується суттєвими коливаннями показника уразливості у 2003 р. та 2007 р., спричинених негативними наслідками надзвичайних ситуацій на об'єктах господарювання. Треба також враховувати, що Херсонщина є депресивним регіоном через значні втрати еколого-ресурсного потенціалу та масштабного розвитку процесів підтоплення території протягом останніх 20 років. Вплив глобальних змін клімату вже призвів до загострення проблем, пов'язаних із розвитком процесів підтоплення земель на території області, що негативно впливають на функціонування численних об'єктів критичної інфраструктури.

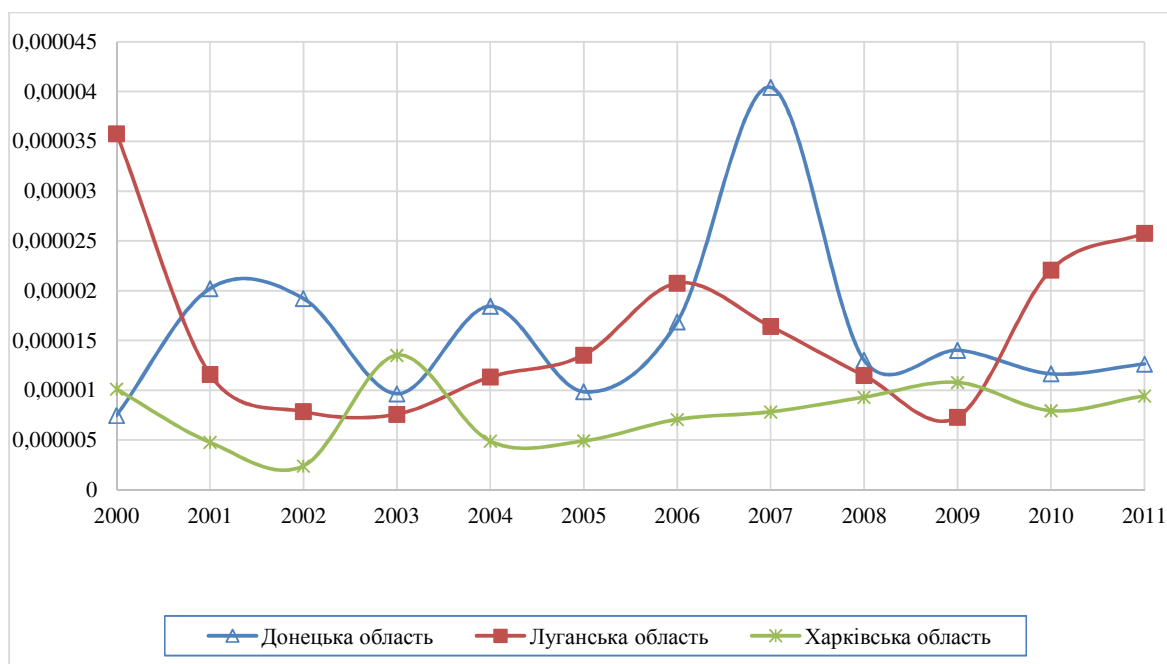


Рис. 5.5 – Динаміка уразливості населення до загибелі внаслідок НС в областях Східного регіону

Області Східного регіону України характеризуються найвищим рівнем техногенного навантаження і відповідно уразливості населення до загибелі від НС техногенного походження в державі. Результати оцінки свідчать, що Харківська область характеризується незначними коливаннями і найнижчими значеннями уразливості населення порівняно з Луганською та Донецькою. На території цих областей розташований найбільший в Європі гірничопромисловий район із великою кількістю шахт, підприємств гірничо-металургійного, хімічного комплексу, що разом із найбільшою в державі щільністю населення формує значні ризики загибелі в умовах НС техногенного походження. Аналізуючи динаміку зміни уразливості населення до загибелі внаслідок НС у Донецькій області можна відмітити істотні коливання показників у 2002, 2004 та 2007 рр. із подальшим зниженням і стабілізацією.

Уразливість населення до загибелі від НС на території Запорізької області розраховується за співвідношенням

$$V_{N1} = \frac{N_{N1}}{N_N} = \frac{157}{1800274} = 8,72 \cdot 10^{-5}.$$

Уразливість населення до втрати здоров'я від НС на території Запорізької області становитиме

$$V_{N2} = \frac{N_{N2}}{N_N} = \frac{380}{1800274} = 2,11 \cdot 10^{-4}.$$

За таких умов ризик від втрати життя і здоров'я населення Запорізької області від НС різного походження становитиме

$$R_N = \sum_{i=1}^n P_{Ni} (V_{N1i} \cdot L_{N1i} \cdot N_{N1i} + V_{N2i} \cdot L_{N2i} \cdot N_{N2i}) =$$

$$= 0,38(8,72 \cdot 10^{-5} \cdot 157 + 2,11 \cdot 10^{-4} \cdot 380) = 0,0356.$$

Проводячи розрахунки аналогічним чином для інших регіонів держави, отримуємо кількісні значення ризику від втрати життя і здоров'я населення від НС (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Ризик від втрати життя і здоров'я населення від НС

Регіон України	Ймовірність НС із втратою життя і здоров'я, P_{Ni}	Уразливість населення		Чисельність населення регіону, N_{Ni}	Ризик від втрати життя і здоров'я, R_{Ni}
		до загибелі від НС, V_{N1i}	до втрати здоров'я від НС, V_{N2i}		
Автономна Республіка Крим	0,41	0,000132	0,000318	1963231	0,0946
Вінницька	0,54	7,25E-05	0,000177	1640342	0,0325
Волинська	0,53	5,4E-05	0,000136	1037132	0,0117
Дніпропетровська	0,70	8,97E-05	0,000215	3334844	0,1266
Донецька	0,46	0,000173	0,000411	4429868	0,4086
Житомирська	0,50	0,000101	0,000245	1278432	0,0446
Закарпатська	0,42	3,85E-05	9,76E-05	1247511	0,0058
Запорізька	0,38	8,72E-05	0,000211	1800274	0,0356
Івано-Франківська	0,47	7,68E-05	0,000188	1379617	0,0269

Регіон України	Ймовірність НС із втратою життя і здоров'я, P_{Ni}	Уразливість населення		Чисельність населення регіону, N_{Ni}	Ризик від втрати життя і здоров'я, R_{Ni}
		до загибелі від НС, V_{N1i}	до втрати здоров'я від НС, V_{N2i}		
Київська	0,52	0,000116	0,000279	1717463	0,0818
Кіровоградська	0,48	8,62E-05	0,000212	1009316	0,0253
Луганська	0,52	0,000132	0,000316	2289609	0,1389
Львівська	0,57	8,49E-05	0,000204	2543902	0,0710
Миколаївська	0,48	7,53E-05	0,000185	1182652	0,0227
Одеська	0,44	8,21E-05	0,000198	2388200	0,0478
Полтавська	0,45	6,26E-05	0,000154	1486649	0,0185
Рівненська	0,45	2E-05	5,42E-05	1152648	0,0017
Сумська	0,44	6,98E-05	0,000172	1160650	0,0176
Тернопільська	0,41	4,98E-05	0,000125	1083566	0,0080
Харківська	0,48	7,23E-05	0,000174	2753624	0,0470
Херсонська	0,52	0,000136	0,00033	1087711	0,0721
Хмельницька	0,48	4,37E-05	0,00011	1326453	0,0088
Черкаська	0,47	9,65E-05	0,000235	1284674	0,0388
Чернівецька	0,48	4,98E-05	0,000127	904110	0,0081
Чернігівська	0,63	7,93E-05	0,000195	1097305	0,0306

За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем ризику від втрати життя і здоров'я населення від НС (Рис. 5.6).

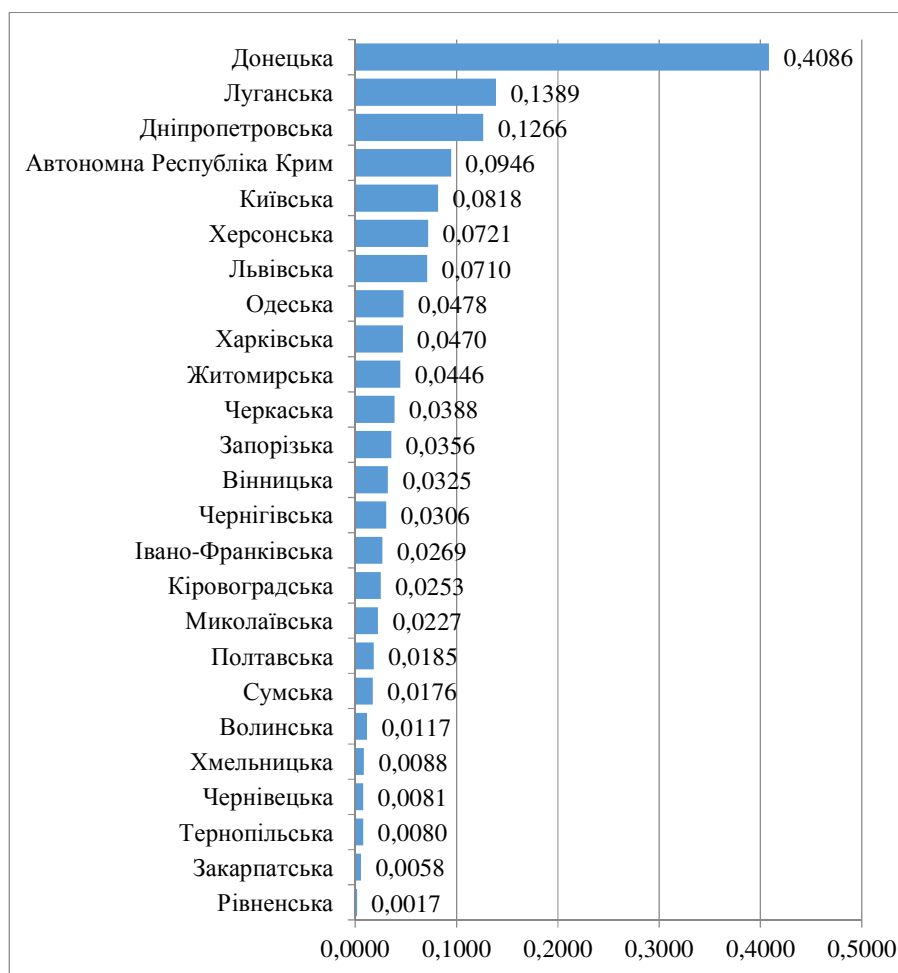


Рис. 5.6 – Ранжирування регіонів України за рівнем ризику від втрати життя і здоров'я від НС

Отримані дані оцінки демонструють, що Донецька область є найбільш небезпечною і має найбільший рівень ризику втрати життя і здоров'я від НС різного походження, можливих на її території. Концентрація великої кількості підприємств гірничо-видобувної, металургійної та хімічної галузей промисловості та висока щільність населення сприяють формуванню значних загроз для населення. В умовах військового конфлікту на сході України ці загрози значно посилюються через руйнування і пошкодження підприємств в результаті потрапляння бойових снарядів під час військових дій.

Луганська, Дніпропетровська області та АР Крим мають високий рівень ризику для населення від НС, що значною мірою обумовлено великою кількістю ПНО, що функціонують на їх території і створюють серйозну загрозу для життєдіяльності.

Київська, Херсонська, Львівська, Одеська, Харківська, Житомирська області характеризуються середнім рівнем ризику для населення, викликаним великою кількістю НС природного і техногенного походження з масштабними негативними наслідками.

Рівненська, Закарпатська, Тернопільська, Чернівецька області мають демонструють найнижчі рівні ризику, що обумовлюється виникненням на їх території НС переважно природного походження, що характеризуються істотними економічними збитками і водночас низькими втратами для життя і здоров'я населення.

5.3 Оцінка ризику втрати та ушкодження господарських об'єктів в регіонах України

Ризик від втрати та ушкодження господарських об'єктів від НС різного походження протягом року визначається за формулою 5.3. При цьому ймовірність реалізації НС із втратами для господарських об'єктів на території заданого регіону визначалася за виразом 5.5.

Для умов Запорізької області ймовірність реалізації НС із втратами для господарських об'єктів становитиме

$$P_T = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i} = \frac{57}{57 + 63} = 0,475.$$

Уразливість господарських об'єктів до руйнування в результаті НС на території Запорізької області визначається за співвідношенням

$$V_{T1} = \frac{N_{T1}}{N_T} = \frac{9}{1060} = 0,0088.$$

Уразливість господарських об'єктів до ушкодження в НС на території Запорізької області становитиме

$$V_{T2} = \frac{N_{T2}}{N_T} = \frac{23}{1060} = 0,022.$$

За таких умов ризик від втрати та пошкодження господарських об'єктів Запорізької області в результаті реалізації НС різного походження становитиме

$$R_T = \sum_{i=1}^n P_{Ti} (V_{T1i} \cdot L_{T1i} \cdot N_{T1i} + V_{T2i} \cdot L_{T2i} \cdot N_{T2i}) =$$

$$= 0,475(0,0088 \cdot 9 + 0,022 \cdot 23) = 0,277 \text{ об./рік.}$$

Проводячи розрахунки аналогічним чином для інших регіонів держави, отримуємо кількісні значення ризику від втрати та пошкодження ПНО в результаті НС (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Результати оцінки ризику від втрати та пошкодження ПНО в результаті НС

Регіон України	Ймовірність НС із збитками для ПНО, P_{Ti}	Уразливість ПНО в НС		Кількість ПНО, N_{Ti}	Ризик від втрати та пошкодження ПНО, R_{Ti}
		до руйнування, V_{T1i}	до ушкодження, V_{T2i}		
АР Крим	0,4318	0,0174	0,0417	899	0,7906
Вінницька	0,5060	0,0108	0,0262	663	0,2700
Волинська	0,3636	0,0112	0,0281	301	0,0998
Дніпропетровська	0,4056	0,0087	0,0209	2055	0,4284
Донецька	0,4164	0,0158	0,0376	2908	2,0111
Житомирська	0,4038	0,0143	0,0347	543	0,3081
Закарпатська	0,4390	0,0038	0,0097	754	0,0359
Запорізька	0,4750	0,0089	0,0215	1060	0,2728
Івано-Франківська	0,3714	0,0119	0,0291	535	0,1960
Київська	0,4096	0,0177	0,0428	673	0,5909

Регіон України	Ймовірність НС із збитками для ПНО, P_{Ti}	Уразливість ПНО в НС		Кількість ПНО, N_{Ti}	Ризик від втрати та пошкодження ПНО, R_{Ti}
		до руйнування, V_{T1i}	до ушкодження, V_{T2i}		
Кіровоградська	0,4242	0,0104	0,0255	503	0,1623
Луганська	0,4201	0,0164	0,0392	1107	0,8402
Львівська	0,4422	0,0096	0,0230	1356	0,3721
Миколаївська	0,3804	0,0074	0,0182	721	0,1061
Одеська	0,4537	0,0173	0,0418	678	0,6304
Полтавська	0,3600	0,0039	0,0095	1439	0,0548
Рівненська	0,4400	0,0027	0,0073	516	0,0136
Сумська	0,3415	0,0092	0,0228	527	0,1086
Тернопільська	0,3962	0,0061	0,0154	530	0,0576
Харківська	0,4906	0,0070	0,0170	1694	0,2811
Херсонська	0,4242	0,0171	0,0415	519	0,4432
Хмельницька	0,3714	0,0047	0,0119	734	0,0447
Черкаська	0,3478	0,0146	0,0357	508	0,2625
Чернівецька	0,3939	0,0076	0,0194	355	0,0606
Чернігівська	0,4500	0,0070	0,0172	747	0,1159

За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем ризику від руйнування та пошкодження ПНО в результаті НС (Рис. 5.7).

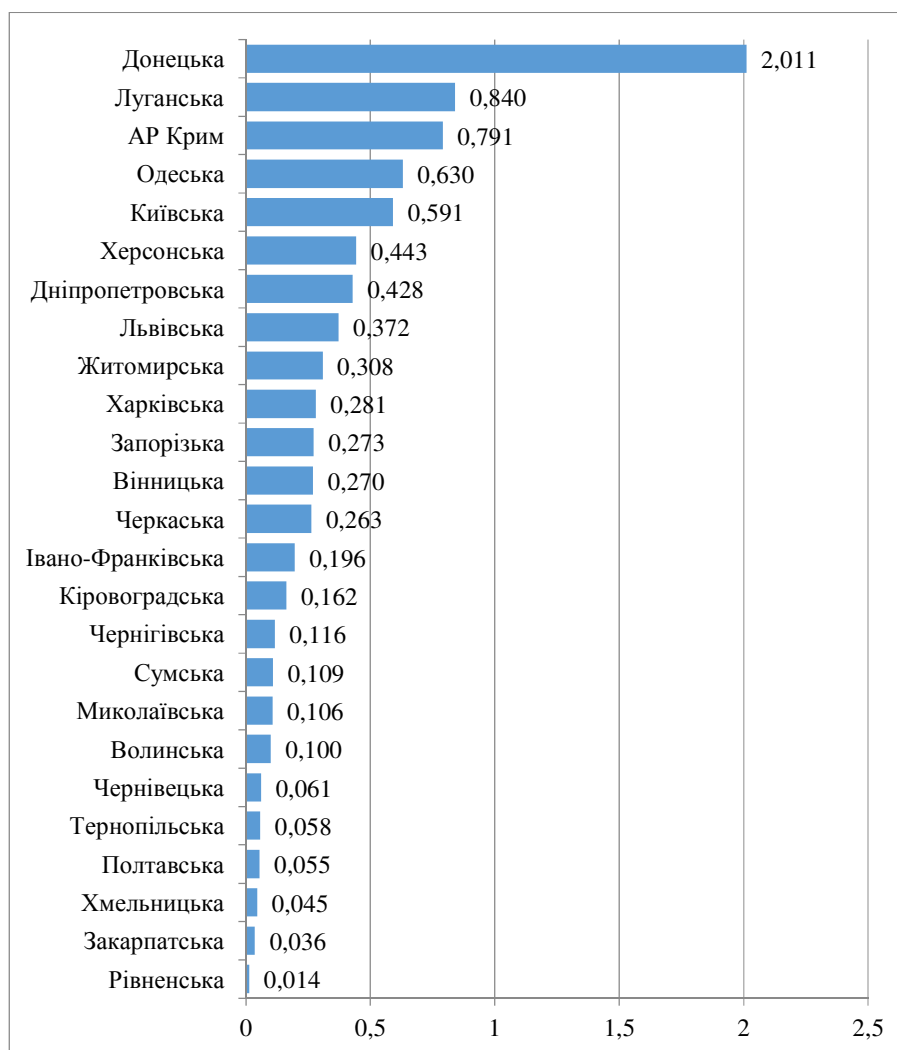


Рис. 5.7 – Ранжирування регіонів України за рівнем ризику від руйнування та пошкодження ПНО в результаті НС

Отримані результати показують, що Донецька область є найбільш небезпечною і має найбільший рівень ризику руйнування та пошкодження ПНО від НС різного походження, можливих на її території. Це пояснюється тим, що цей регіон характеризується найбільшою кількістю ПНО, до складу яких відносяться підприємства гірничо-видобувної, металургійної та хімічної галузей промисловості. В умовах військового конфлікту на сході України значно зростає загроза руйнування і пошкодження ПНО в результаті потрапляння бойових снарядів під час військових дій.

Луганська, АР Крим, Одеська, Київська області мають високий рівень ризику руйнування та пошкодження ПНО, обумовлений функціонуванням на

їх території підприємств хімічної, переробної галузей, що використовують в процесі роботи небезпечні речовини.

Херсонська, Дніпропетровська, Львівська, Житомирська, Харківська, Запорізька області характеризуються середнім рівнем ризику руйнування та пошкодження ПНО. Незважаючи на значну кількість ПНО в цих регіонах, кількість НС техногенного походження в них має тенденцію до зниження, що пояснює отримані результати оцінки ризику.

Рівненська, Закарпатська, Тернопільська, Хмельницька, Полтавська області мають найнижчі рівні ризику для ПНО від НС, що пояснюється відносно невеликою кількістю функціонуючих промислових об'єктів на їх території порівняно з областями східного регіону держави.

5.4 Оцінка ризику втрати та ушкодження об'єктів довкілля в регіонах України

Ризик від втрати та ушкодження об'єктів довкілля від НС протягом року визначається за формулою 5.4. При цьому ймовірність реалізації НС із втратами для господарських об'єктів на території заданого регіону визначалася за виразом 5.5.

Для умов Запорізької області ймовірність реалізації НС із втратами для об'єктів навколишнього середовища становитиме

$$P_E = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i} = \frac{24}{24 + 43} = 0,358.$$

Уразливість об'єктів довкілля до руйнування в результаті НС на території Запорізької області визначається за співвідношенням

$$V_{E1} = \frac{N_{E1}}{N_E} = \frac{58}{634 \cdot 10} = 0,0921.$$

Уразливість об'єктів навколишнього середовища до ушкодження в НС на території Запорізької області становитиме

$$V_{E2} = \frac{N_{E2}}{N_E} = \frac{154}{634 \cdot 10} = 0,0243.$$

За таких умов ризик від втрати та пошкодження об'єктів довкілля на території Запорізької області в результаті реалізації НС становитиме

$$R_E = \sum_{i=1}^n P_{Ei} (V_{E1i} \cdot L_{E1i} \cdot N_{E1i} + V_{E2i} \cdot L_{E2i} \cdot N_{E2i}) =$$

$$= 0,358(0,0921 \cdot 58/10 + 0,0243 \cdot 154/10) = 0,327 \text{ об./ рік.}$$

Проводячи розрахунки аналогічним чином для інших регіонів держави, отримуємо кількісні значення ризику від втрати та пошкодження об'єктів довкілля в результаті НС (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Результати оцінки ризику від втрати та пошкодження об'єктів довкілля внаслідок НС

Регіон України	Ймовірність НС із збитками для довкілля, P_{Ei}	Уразливість об'єктів довкілля		Кількість об'єктів довкілля, N_{Ei}	Ризик від втрати та пошкодження об'єктів довкілля, R_{Ei}
		до руйнування, V_{E1i}	до ушкодження, V_{E2i}		
АР Крим	0,384	0,086	0,020	366	0,162
Вінницька	0,409	0,094	0,026	806	0,504
Волинська	0,400	0,093	0,025	768	0,465
Дніпропетровська	0,439	0,084	0,018	312	0,143
Донецька	0,419	0,078	0,014	228	0,078
Житомирська	0,391	0,089	0,022	442	0,218
Закарпатська	0,343	0,095	0,026	918	0,496
Запорізька	0,358	0,092	0,024	634	0,327

Регіон України	Ймовірність НС із збитками для довкілля, P_{Ei}	Уразливість об'єктів довкілля		Кількість об'єктів довкілля, N_{Ei}	Ризик від втрати та пошкодження об'єктів довкілля, R_{Ei}
		до руйнування, V_{E1i}	до ушкодження, V_{E2i}		
Івано-Франківська	0,407	0,095	0,027	1034	0,677
Київська	0,457	0,088	0,022	430	0,245
Кіровоградська	0,444	0,087	0,021	388	0,205
Луганська	0,397	0,085	0,019	336	0,146
Львівська	0,482	0,093	0,025	694	0,494
Миколаївська	0,438	0,081	0,017	268	0,110
Одеська	0,398	0,080	0,015	248	0,087
Полтавська	0,432	0,093	0,025	768	0,502
Рівненська	0,378	0,092	0,024	620	0,336
Сумська	0,419	0,090	0,023	512	0,288
Тернопільська	0,433	0,096	0,027	1194	0,852
Харківська	0,400	0,090	0,023	482	0,253
Херсонська	0,437	0,068	0,007	158	0,036
Хмельницька	0,397	0,095	0,027	1034	0,660
Черкаська	0,431	0,095	0,027	1042	0,724
Чернівецька	0,419	0,092	0,025	662	0,405
Чернігівська	0,392	0,096	0,027	1312	0,859

За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем ризику від втрати та ушкодження об'єктів довкілля в результаті НС (Рис. 5.8).

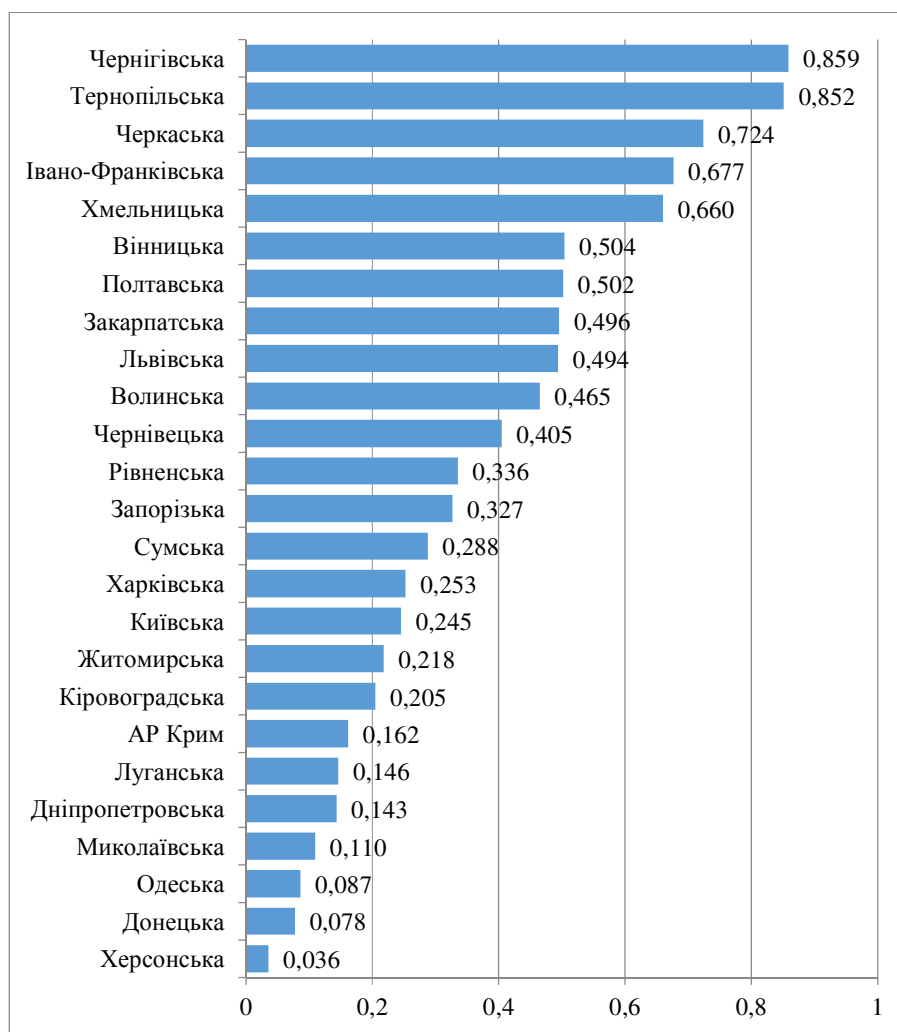


Рис. 5.8 – Ранжирування регіонів України за рівнем ризику від втрати та ушкодження об’єктів довкілля

Отримані результати показують, що Чернігівська та Тернопільська області є найбільш небезпечними і мають найбільший рівень ризику руйнування та пошкодження об’єктів довкілля від НС, можливих на їх території. Це пояснюється тим, що ці регіони характеризуються значною кількістю об’єктів природно-заповідного фонду, що можуть бути уражені в результаті реалізації природних і техногенних загроз.

Черкаська, Івано-Франківська, Хмельницька, Закарпатська, Львівська, Волинська області характеризуються високим рівнем ризику для об’єктів довкілля і значною мірою відносяться до Західного регіону держави, де розміщено велику кількість об’єктів довкілля. Треба відмітити, що області цього регіону найбільш уразливі до впливу загроз гідрологічного та

метеорологічного походження, викликаних наслідками глобальних змін клімату.

Чернівецька, Рівненська, Запорізька, Сумська, Харківська, Київська області мають середній рівень ризику руйнування та пошкодження об'єктів довкілля внаслідок НС, що пояснюється відносно стабільною динамікою НС природного походження на їх території.

Найнижчим рівнем ризику для об'єктів довкілля від НС характеризуються Херсонська, Донецька, Одеська, Миколаївська області, економіка більшості з яких відзначається розвитком сільськогосподарського виробництва.

5.5 Оцінка ризику екологічній безпеці регіонів України

Ризик екологічній безпеці регіонів держави визначається за виразом 5.1 і відображає ймовірність реалізації природних і техногенних загроз із збитками для об'єктів захисту регіонів, що включають населення, ПНО та компоненти довкілля. При цьому для розрахунку загального значення ризику R_Z на регіональному рівні проводилося нормування R_E , R_T , R_N .

З урахуванням цього в роботі ризик екологічної безпеки відповідного регіону визнається за співвідношенням

$$R_{Zj} = \sum_{k=1}^n R_{kj} \beta_k, \quad (5.5)$$

де R_{kj} – k -й показник ризику j -го регіону ($j=1, \dots, 25$), β_k – ваговий коефіцієнт, що визначається шляхом експертної оцінки залежно від ваги впливу об'єкта захисту на загальний рівень екологічної безпеки регіону враховуючи залежність $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$.

В такому випадку нормоване значення показника R_{kj} визначатиметься за співвідношенням $R_{kj} = \frac{R_j}{R_{jmax}}$,

де R_{jmax} – максимальне значення відповідного типу ризику у регіонах, що порівнюються.

Розраховуючи аналогічним чином інші нормовані значення ризиків відповідного регіону держави R_{kj} , отримуємо узагальнюючу таблицю результатів оцінки, що відображає порівняльну характеристику екологічної безпеки регіонів України за видами і рівнями ризиків для об'єктів захисту регіонів та загального значення ризику екологічній безпеці (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Результати оцінки ризику екологічній безпеці регіонів України

(R_{Zj})

Регіони України	R_{Nj}	R_{Tj}	R_{Ej}	R_{Zj}
Автономна Республіка Крим	0,232	0,393	0,188	0,267
Вінницька	0,080	0,134	0,587	0,248
Волинська	0,029	0,050	0,542	0,189
Дніпропетровська	0,310	0,213	0,167	0,238
Донецька	1,000	1,000	0,090	0,727
Житомирська	0,109	0,153	0,254	0,166
Закарпатська	0,014	0,018	0,578	0,184
Запорізька	0,087	0,136	0,381	0,190
Івано-Франківська	0,066	0,097	0,789	0,292
Київська	0,200	0,294	0,286	0,254
Кіровоградська	0,062	0,081	0,239	0,121
Луганська	0,340	0,418	0,170	0,312
Львівська	0,174	0,185	0,576	0,298
Миколаївська	0,056	0,053	0,128	0,076

Регіони України	R_{Nj}	R_{Tj}	R_{Ej}	R_{Zj}
Одеська	0,117	0,313	0,101	0,171
Полтавська	0,045	0,027	0,585	0,202
Рівненська	0,004	0,007	0,391	0,121
Сумська	0,043	0,054	0,335	0,134
Тернопільська	0,020	0,029	0,992	0,314
Харківська	0,115	0,140	0,294	0,176
Херсонська	0,177	0,220	0,042	0,149
Хмельницька	0,022	0,022	0,769	0,246
Черкаська	0,095	0,131	0,843	0,330
Чернівецька	0,020	0,030	0,471	0,158
Чернігівська	0,075	0,058	1,000	0,347

Треба відмітити, що при розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки методом експертної оцінки було визначено відповідні вагові коефіцієнти β_k для кожного об'єкта захисту регіону.

За результатами оцінки загального значення ризику екологічної безпеки проведено групування та ранжирування регіонів України (рис. 5.9), що дає змогу класифікувати їх відносно рівня ризику.



Рис. 5.9 – Ранжирування регіонів України за рівнем ризику екологічній безпеці регіонів України

Для проведення групування регіонів за рівнями загального ризику екологічній безпеці кількість груп n визначалася за формулою Стерджесса

$$n = 1 + 3,322 \lg N,$$

де N – кількість одиниць сукупності (регіонів держави). Розраховуючи за даною формулою при $N = 25$, тобто $n = 1 + 3,322 \lg 25 = 5,64$, отримуємо 6 груп розподілу рівня загального ризику екологічній безпеці регіонів.

При цьому розмір інтервалу групування визначався за виразом

$$i = \frac{(R_{j\max} - R_{j\min})}{n} = \frac{0,347 - 0,076}{5} = 0,054.$$

де i – величина інтервалу групування; R_{jmax} – максимальне значення загального ризику екологічній безпеці; R_{jmin} – мінімальне значення загального ризику; n – кількість груп, що визначалася за формулою Стерджесса. Беручи до уваги істотне перевищення рівня ризику для Донецької області, його значення було виключено при проведенні визначення інтервалу групування.

Табл. 5.5 – Групування регіонів України за рівнем загального ризику екологічній безпеці

Діапазон зміни R_{Zj}	Рівень загального ризику	Регіони України
0,076÷0,130	Незначний	Миколаївська, Кіровоградська, Рівненська
0,131÷0,184	Помірний	Сумська, Херсонська, Чернівецька, Житомирська, Одеська, Харківська, Закарпатська
0,185÷0,238	Середній	Волинська, Запорізька, Полтавська, Дніпропетровська
0,239÷0,292	Підвищений	Хмельницька, Вінницька, Київська, АР Крим, Івано-Франківська
0,293÷0,347	Високий	Чернігівська, Черкаська, Тернопільська, Луганська, Львівська
0,348÷0,729	Критичний	Донецька

Результати оцінки демонструють, що найнижчий рівень загального ризику екологічній безпеці мають Миколаївська, Кіровоградська та Рівненська області.

Сумська, Херсонська, Чернівецька, Житомирська, Одеська, Харківська, Закарпатська характеризуються помірним рівнем ризику екологічній безпеці.

Середній рівень ризику спостерігається у Волинській, Запорізькій, Полтавській, Дніпропетровській областях, де функціонують підприємства металургійної, переробної промисловості.

Хмельницька, Вінницька, Київська, АР Крим, Івано-Франківська області відносяться до регіонів підвищеного ризику екологічній безпеці, беручи до уваги зростання втрат від НС різного походження, що відбуваються на їх території.

Чернігівська, Черкаська, Тернопільська, Луганська, Львівська області характеризуються високим рівнем ризику екологічній безпеці, враховуючи як наявність значної кількості ПНО на їх території, так і вплив факторів глобальних змін клімату, що в цілому призводить до збільшення від НС різного походження.

Донецька область має критичний рівень ризику екологічній безпеці, що пояснюється значною концентрацією ПНО на її території, значною щільністю населення в промислово-міських агломераціях, а також високий рівень забруднення основних компонентів довкілля. В умовах військового конфлікту на Сході України значно зростає ризик руйнування численних об'єктів критичної інфраструктури, систем життєзабезпечення в результаті потрапляння бойових снарядів, що призводить до масштабних негативних наслідків для населення і довкілля, залпових викидів і скидів небезпечних речовин.

Висновки до розділу 5

1. Розроблено метод оцінки ризику екологічній безпеці на регіональному рівні, що передбачає розрахунок загального ризику втрат для об'єктів захисту регіонів держави. Складовими загального ризику екологічній безпеці регіонів визначено ризик від втрати життя і здоров'я населення в результаті реалізації НС різного походження, ризик від руйнування та ушкодження ПНО, а також ризик від втрати та ушкодження об'єктів довкілля.

2. Проведено оцінку ризику від втрати життя та здоров'я населення, досліджено динаміку змін уразливості населення до загибелі внаслідок НС. За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем

ризиків від втрати життя і здоров'я населення. Отримані дані демонструють, що Донецька область є найбільш небезпечною і має найбільший рівень ризику втрати життя і здоров'я від НС різного походження, можливих на її території. Луганська, Дніпропетровська області та АР Крим мають високий рівень ризику для населення від НС, що значною мірою обумовлено великою кількістю ПНО, що функціонують на їх території і створюють серйозну загрозу для життєдіяльності.

3. Результати оцінки ризику руйнування та пошкодження ПНО в регіонах України показали, що Донецька область має найбільший рівень ризику. Це пояснюється тим, що цей регіон характеризується найбільшою кількістю ПНО, до складу яких відносяться підприємства гірничо-видобувної, металургійної та хімічної галузей промисловості. Луганська, АР Крим, Одеська, Київська області мають високий рівень ризику руйнування та пошкодження ПНО, обумовлений функціонуванням на їх території підприємств хімічної, переробної галузей, що використовують в процесі роботи небезпечні речовини.

4. Проведено оцінку ризику від втрати та ушкодження об'єктів довкілля в результаті НС в регіонах України. Результати оцінки показують, що Чернігівська та Тернопільська області є найбільш небезпечними і мають найбільший рівень ризику руйнування та пошкодження об'єктів довкілля від НС, можливих на їх території. Черкаська, Івано-Франківська, Хмельницька, Закарпатська, Львівська, Волинська області характеризуються високим рівнем ризику для об'єктів довкілля і відносяться до Західного регіону держави, де розміщено велику кількість об'єктів довкілля. Треба відмітити, що області цього регіону найбільш уразливі до впливу загроз гідрологічного та метеорологічного походження, викликаних наслідками глобальних змін клімату.

5. За розробленою методом проведено оцінку комплексного ризику екологічній безпеці регіонів України, що враховує негативний вплив НС різного походження на формування загроз для основних об'єктів захисту

регіонів: населення, ПНО та складових довкілля. Проведено групування регіонів за рівнями загального ризику екологічній безпеці. Результати оцінки продемонстрували, що найнижчий рівень загального ризику екологічній безпеці мають Миколаївська, Кіровоградська та Рівненська області. Сумська, Херсонська, Чернівецька, Житомирська, Одеська, Харківська, Закарпатська характеризуються помірним рівнем ризику екологічній безпеці. Середній рівень ризику спостерігається у Волинській, Запорізькій, Полтавській, Дніпропетровській областях, де функціонують підприємства металургійної, переробної промисловості. Донецька область має критичний рівень ризику екологічній безпеці, що пояснюється значною концентрацією ПНО на її території, значною щільністю населення в промислово-міських агломераціях, а також високим рівнем забруднення основних компонентів довкілля.

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [19, 192, 88, 70, 194].

РОЗДІЛ 6

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

6.1 Визначення індикаторів оцінки рівня екологічної безпеки регіонів

Зростання масштабів господарської діяльності, розвиток науково-технічного прогресу зумовлюють посилення антропогенного тиску на довкілля та порушення рівноваги в навколишньому природному середовищі. Поряд із вичерпанням запасів невідновлюваних сировинних та енергетичних ресурсів, поширенням деструктивних процесів у навколишньому середовищі зростає забруднення довкілля, особливо водних ресурсів та атмосферного повітря, зменшуються площі лісів і родючих земель, зникають окремі види рослин, тварин тощо.

Зрештою це суттєво підриває природно-ресурсний потенціал розвитку держави, негативно впливає на добробут і здоров'я населення, а також генерує загрози безпеці життєдіяльності суспільства. Тому проблема оцінки стану екологічної безпеки з метою виявлення нових загроз і чинників негативного впливу на населення країни та розроблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень з питань поліпшення ситуації у цій сфері набуває вельми важливого значення. Відповідно виникають питання щодо обґрунтованих індикаторів екологічної безпеки держави.

В той же час суттєве загострення численних деструктивних процесів у природно-техногенному середовищі держави зумовлює нагальну необхідність поглибленого аналізу проблеми, що потребує створення постійно діючого моніторингу стану природно-техногенної безпеки із застосуванням науково обґрунтованої системи індикаторів.

На міжнародному рівні, визнаючи важливість проблем збереження природного навколишнього середовища, ще на початку 90-х років минулого

століття були сформульовані засади збалансованого розвитку, що визнані світовою спільнотою домінантною ідеологією розвитку людської цивілізації у XXI ст., стратегічним напрямом забезпечення матеріального, соціального й духовного прогресу суспільства [27, 162, 226].

Збалансований соціально-економічний розвиток будь-якої країни означає таке функціонування її народногосподарського комплексу, коли одночасно забезпечуються задоволення зростаючих матеріальних і духовних потреб населення, раціональне й екологічно безпечне господарювання та високоефективне використання природних ресурсів, підтримання сприятливих для здоров'я людини природно-екологічних умов життєдіяльності, збереження й відтворення якості довкілля та природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва [228, 243].

У розвинутих країнах світу вирішення проблем у сфері екологічної безпеки є пріоритетом державної політики, про що свідчить дієве законодавство, що жорстко регламентує захист об'єктів природного середовища, наявність комплексних природоохоронних програм, діяльність впливових політичних партій, громадських організацій, що борються за охорону навколишнього середовища на міжнародному та державних рівнях.

В Україні сформовані основи державної політики в природно-техногенній сфері, зокрема, закладені інституційні основи, створена нормативно-правова база з урахуванням міжнародних стандартів і сучасних вимог, підписана значна кількість міжнародних угод щодо природоохоронної діяльності. Проте ситуація у цій сфері залишається досить складною, про що свідчать довгострокові тенденції погіршення екологічних параметрів навколишнього середовища, поширення деструктивних процесів природних об'єктів. Це зумовлює значні матеріальні втрати, негативно впливає на продуктивність основних життєзабезпечуючих природних ресурсів і стан здоров'я населення. Загалом екологічно чистою в Україні вважається лише 6 % її території [2, 50].

Загрозами національній безпеці України в екологічній сфері є значне антропогенне порушення життєзабезпечуючих систем і техногенна перевантаженість території України, зростання ризиків природно-техногенного походження, нераціональне використання природних ресурсів, що призводить до виснаження та погіршення їх якості, недосконала система утилізації токсичних та екологічно небезпечних відходів [23, 136, 139]. Крім того, останніми роками посилюється вплив глобальних змін клімату, що значно активізують небезпечні гідрометеорологічні, геологічні та інші негативні процеси включаючи аномальні зливи, підтоплення земель, зсувоутворення, сейсмічність тощо.

Досвід розвинених країн свідчить, що необхідною умовою успішної реалізації державної політики із забезпечення безпеки в природно-техногенній сфері на міжнародному, регіональному та державному рівнях є комплексний аналіз тенденцій і характеру змін основних загроз екологічній безпеці для своєчасного та обґрунтованого визначення заходів із попередження та подолання негативних наслідків у випадку їх реалізації. Об'єктивне та своєчасне визначення найбільших загроз і ризиків у цій сфері є важливою передумовою прийняття ефективних управлінських рішень у системі забезпечення екологічної безпеки.

Вирішення таких завдань потребує розробки системи відповідних індикаторів, що всебічно характеризують динаміку процесів в екологічній сфері. Нині розробкою таких індикаторів займаються низка міжнародних організації, серед яких Комісія ООН зі сталого розвитку, Міжнародний інститут сталого розвитку (*IISD*), Науковий комітет з проблем навколишнього середовища (*SCOPE*), Єльський університет. Наприклад, Комісією ООН зі сталого розвитку визначається рівень розвитку країн і виконання програм сталого розвитку, що розраховується за 96 показниками, 19 із яких характеризують стан навколишнього середовища [194].

Фахівці Єльського університету (США) визначають індекс якості довкілля (*Environmental Performance Index*), що характеризує ефективність

державної політики щодо збереження екосистем. Цей показник розраховується з використанням 22 індикаторів, розподілених за десятьма категоріями, що характеризують як якість навколишнього середовища, так і життєздатність екосистем. За значенням цього показника у 2012 р. Україна зайняла 102 позицію серед 132 країн світу, що підтверджує низький рівень дієвості державної політики в екологічній сфері [208].

Створення державної системи моніторингу та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення в Україні передбачено Законом України „Про охорону навколишнього природного середовища" (ст. 20, 22) [64]. Нині у державній системі моніторингу довілля функції та завдання спостережень та інформаційного забезпечення виконують 8 суб'єктів системи моніторингу, кожен з яких здійснює моніторинг тих складників довілля, що визначаються Положенням про державну систему моніторингу та порядками і положеннями про державний моніторинг відповідних компонентів довілля.

Єдиного підходу до комплексної оцінки стану навколишнього середовища в умовах збільшення антропогенного навантаження на екосистеми в Україні не існує. Слід також відзначити, що у затвердженому КМУ переліку індикаторів економічної та продовольчої безпеки екологічний складник відсутній. Хоч останній, на нашу думку, має враховуватись у згаданих вище оцінках складників національної безпеки, враховуючи аномальний рівень використання стратегічних природних ресурсів, що у 2-3 рази перевищує екологічно допустимі межі (розораність земель, зарегулювання річок тощо).

Зважаючи на значну складність екологічної ситуації та нагальність вирішення проблем у цій сфері, вкрай необхідно розробити та запровадити практику оцінки рівня екологічної безпеки в системі національної безпеки держави шляхом моніторингу динаміки змін відповідних індикаторів. Орієнтовний перелік системи індикаторів пропонується виходячи з наступних міркувань.

Атмосферне повітря є життєвоважливим компонентом навколишнього природного середовища, від якості якого вирішальною мірою залежить здоров'я населення, передусім міст і селищ, де зосереджені до 70 % населення та основна частина шкідливих виробництв країни. На території України в атмосферне повітря щорічно викидається близько 7 млн т (понад 140 кг на особу) забруднюючих речовин, що становлять загрозу населенню та довкіллю. При цьому майже 62 % забруднюючих речовин, що потрапляють у повітря, припадає на стаціонарні джерела забруднення від підприємств. Окрім стаціонарних джерел суттєву загрозу спричиняє забруднення повітря автотранспортом, кількість якого зростає. За даними Державної служби статистики України, у 2013 р. від пересувних джерел у м. Києві потрапило у повітря 223 тис. т забруднюючих речовин і парникових газів [45].

Відповідно до ст. 6 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» для оцінки стану забруднення атмосферного повітря встановлюються нормативи гранично допустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних чинників з метою забезпечення екологічної безпеки громадян і навколишнього природного середовища [63].

З урахуванням цього, до групи показників оцінки стану атмосферного повітря пропонується включити [192]: щільність викидів діоксиду вуглецю (CO_2) у розрахунку на 1000 км^2 території; щільність викидів діоксиду азоту (NO_2) у розрахунку на 1000 км^2 території; щільність викидів озоноруйнуючих оксидів азоту (NOX) у розрахунку на 1000 км^2 території; викиди парникових газів в еквіваленті CO_2 у розрахунку на душу населення; щільність викидів від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на 1 км^2 території; щільність викидів від пересувних джерел забруднення у розрахунку на 1 км^2 території; зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря після впровадження заходів із запобігання його забрудненню, тис. т/‰.

Україна володіє потужним земле ресурсним потенціалом. Проте недосконалі технології землеробства, екстенсивний характер

сільськогосподарського виробництва, недбале ставлення до земельних ресурсів, що знаходяться у розпорядженні суб'єктів економічної діяльності за відсутності замкнутого циклу використання, призводять до суттєвого погіршення якості земельних ресурсів та ускладнення проблем техногенного характеру. Щороку в Україні відбувається утворення більше однієї тисячі гектарів порушених земель, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних чинників.

З урахуванням цього пропонується в якості індикаторів змін стану земельних ресурсів використовувати [192]: рівень розораності земель (%); рівень деградації земель (% до загальної площі); частка природних кормових угідь у загальній площі сільськогосподарських угідь (%); порушено земель (км^2); відпрацьовано земель (км^2); рекультивовано земель (км^2).

Водні ресурси України нерівномірно розподілені по території держави, проте використовуються вони неефективно і нераціонально. Протягом ХХ ст. з метою збільшення господарського використання води відбулося масштабне зарегулювання Дніпра та інших рік, що зумовило техногенні порушення 70-80 % руслового стоку, підпір ґрунтових вод і регіональне підтоплення земель. Незважаючи на істотне скорочення обсягів водокористування (порівняно з 1990 р. майже удвічі) та відповідне зменшення техногенного навантаження на водні об'єкти, екологічний стан поверхневих і підземних джерел водопостачання не покращується.

Відбувається значне геохімічне забруднення водозабірних ландшафтів важкими металами, нафтохімічними продуктами, залишками мінеральних добрив. Щороку у поверхневій воді об'єкти країни скидаються великі обсяги недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод, що є наслідком неефективності систем очищення води. Забруднення води викликає деградацію річок, водосховищ, озерних систем і погіршення якості води, негативно відображається на здоров'ї людей та усіх живих організмів.

Зважаючи на деструктивний характер змін стану водних ресурсів, пропонується застосовувати такі індикатори [192]: водоемність ВВП ($\text{м}^3/1000$ грн); якість води для потреб населення за комплексом показників відповідно до Державних санітарних норм і правил; доступ населення до якісної питної води (%); частка оборотної та послідовно використаної води в загальному обсязі використання води на виробничі потреби (%); скидання забруднених зворотних вод без очищення у поверхневі водні об'єкти (м^3); загальний рівень використання підземних вод (%); рівень втрат із водопровідно-каналізаційних мереж (%); рівень забезпечення очисними спорудами (%); ступінь зносу водогінних і каналізаційних мереж (%); площа підтоплених територій (км^2).

Екологічний стан навколишнього середовища та його здатність до відтворення природних ресурсів (водних, земельних, повітряних, біорізноманіття) значною мірою залежить від лісистості території. Нині загальна площа лісового фонду України сягає 10,6 млн га, лісистість території складає близько 16 %, що не відповідає науково обґрунтованим нормативам (22-24 %). Ліси зазнають великої шкоди від інтенсивної їх експлуатації, гинуть від промислових викидів, внаслідок недбалого відведення земель під вирубки, для різноманітного будівництва. Санітарний стан лісів та їх водоохоронний потенціал погіршуються у результаті старіння за недостатнього рівня їх відновлення. Значні площі лісів щорічно потерпають від пожеж, основною причиною виникнення яких є людський фактор.

Показники, що характеризують стан лісового фонду, мають бути включені до системи індикаторів навколишнього середовища для своєчасного виявлення та відстеження загроз, що виникають у цій сфері. До таких показників можна віднести рівень лісистості території держави (%); відсоток залісненості водоохоронних зон (%); рівень відтворення лісів (%); питома вага природного заповідного фонду (%); рівень природного поновлення лісу (%).

Серед екологічних проблем, що генерують загрози у сфері національної безпеки є процеси утворення значних обсягів відходів виробництва та

споживання, недостатньо ефективний рівень їх вторинного використання, переробки та утилізації [62]. Кожного року в Україні утворюється більше 400 млн т відходів виробничого та побутового характеру, що забруднюють об'єкти природного середовища. Нині домінуючим методом перероблення відходів залишається їх видалення у спеціально відведені місця чи об'єкти.

Так, у 2011 р. 61,9 % відходів від загального обсягу утворених було видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, 34,3 % – утилізовано, 0,2 % – спалено, 0,1 % – видалено у місця неорганізованого зберігання, а решта (3,5 %) – передано юридичним та фізичним особам у якості кормів для годівлі худоби, добрив, продано як сировина для виробництва [46, 53]. Результатом такого поводження з відходами є той факт, що на початку 2012 р. у спеціально відведених місцях чи об'єктах і на територіях підприємств країни було накопичено 14,4 млрд т відходів, з яких 19,5 млн т – відходи I-III класів небезпеки, що створюють значні ризики для здоров'я населення і стану навколишнього середовища. Не слід забувати, що звалища побутових відходів, часто неорганізовані, становлять загрозу критичного екологічного забруднення для поверхневих водних об'єктів, приземного повітря та ґрунтів прилеглих територій.

Тому для стан екологічної безпеки держави слід урахувувати показники, що характеризують поводження з відходами: кількість утворених відходів на душу населення; обсяг утворення небезпечних відходів; рівень утилізації відходів; рівень накопичення відходів; рівень вторинного використання відходів.

Погіршення стану екосистем, послаблення стійкості функціонування природного середовища та недосконала система моніторингу підвищують ризики виникнення і збільшення масштабів природно-техногенних катастроф, а також призводять до загострення соціально-економічних проблем у суспільстві. Щорічно витрачаються колосальні кошти на подолання наслідків надзвичайних ситуацій різного походження та компенсацію збитків, завданих природі. Зважаючи на важливість економічного складника екологічної

безпеки, до системи показників оцінки стану екологічної безпеки доцільно включити наступні показники [192]: державні витрати на охорону навколишнього середовища у % до ВВП; ресурсоемність економіки; рівень енергоемності ВВП; інвестиції в основний капітал, спрямовані на будівництво та реконструкцію природоохоронних об'єктів, придбання обладнання для реалізації заходів екологічного спрямування; рівень економічних збитків від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Враховуючи складну екологічну ситуацію в Україні, проблема удосконалення методології та сучасних методів моніторингу навколишнього природного середовища залишається вкрай актуальною, оскільки моніторинг є базисом для обґрунтування управлінських рішень у сфері забезпечення екологічної безпеки. Удосконалення моніторингу безпосередньо пов'язане з вирішенням питання комплексної характеристики та оцінки стану довкілля з використанням науково обґрунтованої системи показників, створеної на базі запропонованого переліку індикаторів.

6.2 Порівняльна оцінка регіонів України за рівнем екологічної безпеки

У сучасних умовах екологічні проблеми стають усе важливішим чинником економічного розвитку у більшості регіонів України. Аналіз основних тенденцій і характеру змін чинників екологічної безпеки регіонів переконливо доводить, що збереження високої енерго- та ресурсоемності економіки України за умов подальшого виснаження земельних, водних, мінерально-сировинних та біотичних ресурсів неминуче призведе до формування масштабних загроз національній безпеці в екологічній і природно-техногенній сферах.

Просування України шляхом європейської інтеграції вимагає активної участі нашої держави у зусиллях міжнародного співтовариства з попередження та зменшення негативних наслідків реалізації екологічних

загроз регіональній безпеці, запровадження ризик-орієнтованого підходу для підвищення дієвості й ефективності державної системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій різного походження, всебічного використання кращого досвіду розвинених країн у цій сфері.

У зв'язку з цим вельми важливим завданням державної регіональної політики у сфері захисту населення та господарських об'єктів від природно-техногенних загроз є забезпечення гарантованого рівня безпеки, що відповідає рівню розвинених країн світу. Це зумовлює необхідність здійснення комплексного аналізу актуальних природно-техногенних загроз, їхнього постійного моніторингу та розроблення на цій основі обґрунтованих запобіжних заходів, спрямованих на попередження та мінімізацію негативних наслідків у разі їх реалізації.

Загалом можна зазначити, що нині в Україні спостерігаються аномальні техногенні зміни стратегічних природних ресурсів, що негативно впливають на стан національної безпеки. Тому обґрунтована оцінка природокористування та процесів, що відбуваються у природному середовищі на всіх рівнях, є важливим складником формування та реалізації державної політики.

Існуюча в Україні система моніторингу не забезпечує здійснення систематичних і обґрунтованих досліджень гранично допустимих параметрів екосистем, характеру змін основних джерел загроз екологічній безпеці держави й тому потребує кардинального удосконалення. Крім того, комплексна оцінка стану екологічної безпеки як важливого складника національної безпеки в Україні не здійснюється.

В умовах фінансово-економічної кризи, коли досить гостро відчувається обмеженість ресурсів для запобігання та протидії загрозам у сфері екологічної безпеки регіонів, постає питання про ефективний та обґрунтований розподіл бюджетних коштів між регіонами для підвищення рівня безпеки населення та об'єктів господарювання. Досвід показує, що вирішення цього питання може базуватися на результатах порівняльної оцінки регіонів держави за

комплексним показником, що враховує вплив реальних загроз екологічній безпеці кожного регіону держави.

Треба також урахувати, що кожний регіон є складною соціально-економічною та екологічною системою, функціонування якої характеризується нестійкою рівновагою через вплив значної кількості чинників політичного, економічного, екологічного характеру. Важливою властивістю такого стану є швидке виникнення й розвиток кризових економічних та екологічних явищ під впливом зовнішніх збурень через нездатність регіону протистояти їх дестабілізуючому впливу. Враховуючи експортну орієнтацію економіки України з переважаючим спрямуванням на видобуток і переробку великих обсягів мінеральної сировини, що призводить до значного забруднення та погіршення стану повітря, земельних ресурсів, водних джерел, у багатьох регіонах держави можливий перехід до нестійкого стану саме через вплив екологічних чинників [98].

Беручи до уваги, що на стан екологічної безпеки певного регіону впливають загрози природного, техногенного і соціального характеру, пропонується для порівняльної оцінки регіонів за рівнем екологічної безпеки використовувати інтегральний показник, який враховував би оцінки шкоди життю, здоров'ю, а також економічним інтересам населення даного регіону в результаті прояву цих загроз.

Вирішення таких завдань потребує розробки системи відповідних індикаторів, що всебічно характеризують динаміку процесів в екологічній сфері. Нині розробкою таких індикаторів займається низка міжнародних організацій, серед яких Комісія ООН зі сталого розвитку, Міжнародний інститут сталого розвитку (*IISD*), Науковий комітет з проблем навколишнього середовища (*SCOPE*), Єльський університет.

Система екологічних індикаторів Організації економічного співробітництва і розвитку, що отримала в Європі широке визнання, включає більше 50 соціально-економічних індикаторів і індикаторів стану довкілля. При цьому показники згруповані за окремими розділами, що стосуються зміни

клімату, озонового шару, стану повітря, відходів виробництва і споживання, якості і ресурсів прісних вод, лісових ресурсів, рибних запасів, енергетичних ресурсів і біологічної різноманітності [232].

Статистичним бюро Європейського Союзу (*Eurostat*) відповідно до проекту "Розробка показників навантаження на природне середовище" (*TEPI – Towards Environmental Pressure Indicators for the EU*) розроблено показники оцінки екологічних збитків, завданих господарською діяльністю людини. Ця система індикаторів певним чином характеризує рівень забруднення повітря, використання природних ресурсів, зміну клімату, токсичність, втрати біологічної різноманітності, прибережні зони та переробку відходів. Оцінка збитку надається у відсотках від ВВП і включає збиток, завданий екосистемам, функціям природного середовища, здоров'ю людей, урожайності тощо [211].

Статистичним відділом Секретаріату ООН розроблена система інтегрованого еколого-економічного обліку (*System for Integrated Environmental and Economic Accounting*), орієнтована на врахування ваги екологічного чинника у національних статистиках. Ця система оцінює взаємозв'язок між станом навколишнього середовища і розвитком економіки країни. Проведені за цією методикою розрахунки показали величезну розбіжність традиційних економічних показників та екологічно скоректованих. У середньому величина екологічно скоректованого чистого внутрішнього продукту складає 60-70% від ВВП [234].

Відомо, що порівняльна оцінка регіонів може здійснюватися за статистичним, імовірнісним та евристичним методами [4, 30, 41]. Статистичний метод передбачає проведення аналізу статистичної інформації про наслідки прояву актуальних природних і техногенних загроз за певний проміжок часу та визначення на цій основі відповідних показників. Важливою перевагою цього методу є об'єктивність, що базується на використанні офіційних даних державних установ.

Використання ймовірнісного та евристичного методів дає змогу врахувати джерела загроз, що мають катастрофічні наслідки. При цьому

ймовірнісний метод потребує великого числа вихідних даних, є досить складним і має невисоку точність [81, 96].

У роботі використовується інтегральний показник екологічної безпеки регіону, розрахунок якого здійснювався за статистичним методом, що враховує офіційні дані стосовно результатів реалізації актуальних загроз на регіональному рівні.

В роботі показник екологічної безпеки відповідного регіону визнається за співвідношенням

$$Y_j = \sum_{k=1}^n y_{kj} \beta_k, \quad (6.5)$$

де y_{kj} – k -й показник небезпеки j -го регіону ($j=1, \dots, 25$), β_k – ваговий коефіцієнт, що визначається шляхом експертної оцінки залежно від ваги впливу певної загрози на загальний рівень екологічної безпеки регіону враховуючи залежність $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$. Цей коефіцієнт може визначатися шляхом експертної оцінки залежно від ваги впливу певної загрози на загальний рівень екологічної безпеки регіону.

Враховуючи незадовільний стан державної системи моніторингу довкілля, що не дозволяє адекватно оцінювати тенденції і характер змін визначених у п. 6.1 показників в динаміці, в даній роботі прийнято рішення щодо узагальнення розглянутої системи показників у бік групування індикаторів та скорочення їх кількості за основними компонентами довкілля. При цьому серед показників, за якими в подальшому проводиться оцінка рівня екологічної безпеки на регіональному рівні, визначаються обсяг викидів в атмосферне повітря, обсяг утворення відходів, відтворення лісів, смертність населення, матеріальні збитки від НС різного походження, індивідуальний ризик загибелі від НС.

З-поміж показників відповідного регіону, що певною мірою відображають загальний рівень його екологічної безпеки, далі розглядаються нормовані значення індивідуального ризику загибелі населення впродовж року від надзвичайних ситуацій (НС) (y_1), ризику матеріальних збитків за рік від НС

(y_2), обсягу викидів в атмосферне повітря в розрахунку на душу населення за рік (y_3), обсягу утворення відходів на душу населення за рік (y_4), показника відтворення лісів на душу населення за рік (y_5), смертності населення за рік на 100000 осіб (y_6).

Індивідуальний ризик загибелі далі розглядається як імовірність загинути впродовж року в результаті реалізації НС для населення відповідного регіону держави і визначається як співвідношення кількості загиблих від НС і чисельності населення даного регіону. В такому випадку значення показника y_1 визначатиметься за співвідношенням $y_{1j} = \frac{r_j}{r_{\max}}$,

де r_{\max} – максимальне значення індивідуального ризику загибелі від НС у регіонах, що порівнюються.

За даними Державної служби надзвичайних ситуацій, Міністерства екології та природних ресурсів України розраховано значення y_{1j} для всіх регіонів держави у 2010 р. (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Оцінка індивідуального ризику загибелі населення від НС (y_1)

Регіони України	Чисельність населення у 2010 р., чол.	Кількість загиблих від НС, чол.	Індивідуальний ризик загибелі від НС, 1/рік	Нормований показник, $y_{1j} = r_j/r_{\max}$
АР Крим	1964988	8	4.07127E-06	0.184364
Вінницька	1649478	12	7.27503E-06	0.329443
Волинська	1036516	0	0	0
Дніпропетровська	3353533	73	2.17681E-05	0.985749
Донецька	4463081	52	1.16511E-05	0.527612
Житомирська	1285040	16	1.2451E-05	0.563831
Закарпатська	1244876	0	0	0
Запорізька	1810387	19	1.0495E-05	0.475257
Івано-Франківська	1380551	0	0	0
Київська	1721035	20	1.16209E-05	0.526243
Кіровоградська	1017047	10	9.83239E-06	0.445251
Луганська	2309490	51	2.20828E-05	1
Львівська	2548900	3	1.17698E-06	0.053298
Миколаївська	1188924	11	9.25206E-06	0.418972
Одеська	2390028	15	6.27608E-06	0.284207
Полтавська	1498471	4	2.66939E-06	0.120881
Рівненська	1151686	0	0	0

Регіони України	Чисельність населення у 2010 р., чол.	Кількість загиблих від НС, чол.	Індивідуальний ризик загибелі від НС, 1/рік	Нормований показник, $y_{lj} = r_j/r_{\max}$
Сумська	1171034	7	6.97762E-06	0.270691
Тернопільська	1088324	0	0	0
Харківська	2767462	22	7.94952E-06	0.359987
Херсонська	1092827	14	1.28108E-05	0.580126
Хмельницька	1333150	4	3.00041E-06	0.135871
Черкаська	1294386	4	3.09027E-06	0.13994
Чернівецька	904194	3	3.31787E-06	0.150247
Чернігівська	1108627	7	6.31412E-06	0.285929

Результати оцінки свідчать про значний ризик загибелі від НС у Луганській, Дніпропетровській, Донецькій, Житомирській, Київській та Херсонській областях. Враховуючи значну техногенну перевантаженість більшості зі вказаних регіонів, а також велику кількість потенційно небезпечних промислових об'єктів на їх території, очевидно, що найбільший внесок у рівень ризику загибелі робить саме техногенний чинник.

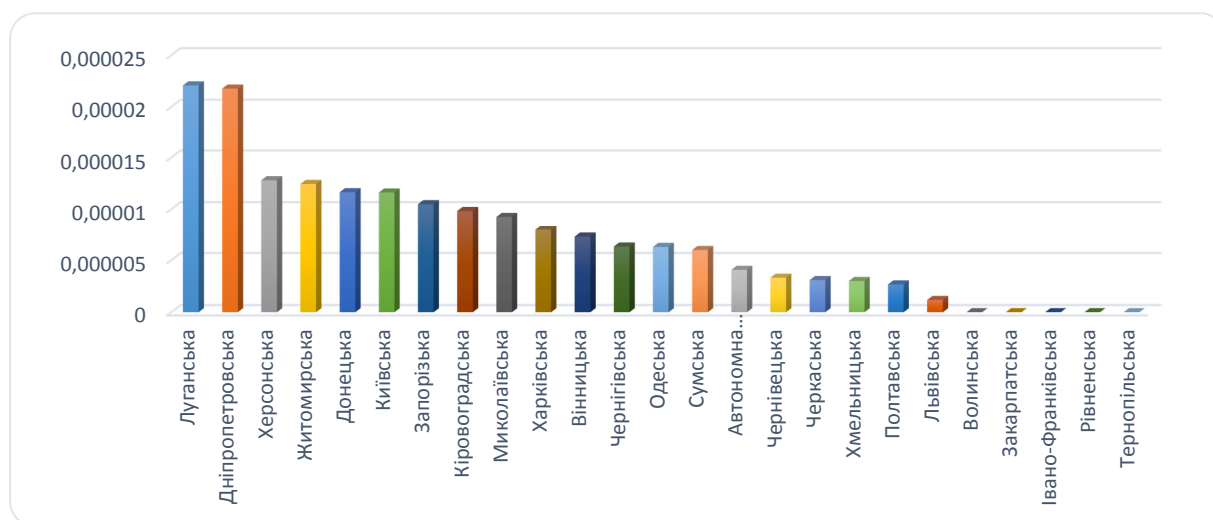


Рис. 6.1 – Ранжирування регіонів України за рівнем індивідуального ризику загибелі від НС

Треба також враховувати, що на території цих регіонів останніми роками відбувається масштабна активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів – насамперед підтоплення та карсту, що загалом негативно впливає на безпеку експлуатації більшості потенційно небезпечних

об'єктів (ПНО), включаючи розгалужені мережі транспортних систем залізничних колій, автошляхів, мостів, нафто- і газопроводів.

Визначення показника (y_3), що відображає обсяг викидів в атмосферне повітря в розрахунку на душу населення за рік здійснюється аналогічним чином (табл. 6.2). Забруднення атмосферного повітря є одним із провідних елементів оцінки якості середовища проживання людини, що здійснює негативний вплив на її здоров'я.

Таблиця 6.2 – Визначення показників для оцінки

Регіони України	Чисельність населення у 2010 р., чол.	Викиди в атм. повітря, тис. т	Викиди в атм. повітря, т/особу	Нормований показник, $y_{3j} = v_j/v_{\max}$
Автономна Республіка Крим	1964988	141.4	0.07196	0.202001
Вінницька	1649478	186.1	0.112217	0.31501
Волинська	1036516	57.2	0.055185	0.154912
Дніпропетровська	3353533	1140.5	0.340089	0.954679
Донецька	4463081	1589.9	0.356234	1
Житомирська	1285040	87.5	0.068091	0.191142
Закарпатська	1244876	87.1	0.069967	0.196407
Запорізька	1810387	326.1	0.180127	0.505643
Івано-Франківська	1380551	224.9	0.162906	0.4573
Київська	1721035	269	0.156301	0.43876
Кіровоградська	1017047	72.2	0.07099	0.199279
Луганська	2309490	599.2	0.259451	0.728317
Львівська	2548900	246.3	0.09663	0.271254
Миколаївська	1188924	83.2	0.069979	0.196442
Одеська	2390028	181.2	0.075815	0.212824
Полтавська	1498471	172.7	0.115251	0.323526
Рівненська	1151686	56.2	0.048798	0.136983
Сумська	1171034	88.9	0.075916	0.213107
Тернопільська	1088324	63.9	0.058714	0.164819
Харківська	2767462	281.4	0.101682	0.285435
Херсонська	1092827	74.2	0.067897	0.190597
Хмельницька	1333150	83.8	0.062859	0.176453
Черкаська	1294386	138.6	0.107078	0.300583
Чернівецька	904194	44.6	0.049326	0.138464
Чернігівська	1108627	96.7	0.087225	0.244853

Сьогодні в Україні, незважаючи на певний спад виробництва, дуже високим залишається забруднення повітряного середовища великих міст і промислових центрів. У результаті майже дві третини населення країни проживає на територіях, де стан повітря не відповідає гігієнічним нормативам. Проте питання щодо ступеня ризику за умов постійної тривалої дії шкідливих чинників повітряного середовища, якому піддається населення великих міст з різним профілем промисловості, залишаються відкритими.

Основними забруднювачами атмосферного повітря залишалися підприємства чорної металургії, теплової енергетики, вугільної, нафтогазовидобувної, цементної промисловості, викиди забруднюючих речовин яких складали майже 90% від загального обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами в Україні.

У розрізі галузей економіки найбільша частка викидів забруднюючих речовин 41,3% (без урахування діоксиду вуглецю) припадає на виробництво і розподіл електроенергії, газу, води. У 2011 р. ці галузі збільшили викиди в атмосферу на 12,7%.

На кожного жителя України у 2011 р. припадало 4,4 т викидів діоксиду вуглецю і 95,7 кг інших викидів в атмосферу. У територіальному розрізі на кожен квадратний кілометр території країни припадало 335 т діоксиду вуглецю і 7,2 т інших забруднюючих повітря речовин. Однак у деяких регіонах ці показники значно перевищили середній рівень по країні. Так, у Донецькій області обсяги викидів у розрахунку на 1 км^2 були більшими у 7,9 разів, а на 1 особу – у 3,6 разу, Дніпропетровській – відповідно у 4,1 та 3,0 разу, Луганській – у 2,4 та 2,2 відповідно, Івано-Франківській – у 2,4 та 2,2 разу. Підприємствами м. Києва у розрахунку на 1 км^2 території викинуто 39,8 т забруднюючих речовин, що перевищило середньоукраїнський показник у 5,5 разу.

Дані свідчать про дуже високий рівень забруднення атмосферного повітря у Донецькій, Дніпропетровській, Луганській, Запорізькій областях, що

суттєво перевищує середньоукраїнське значення. Крім того, найбільші викиди від стаціонарних джерел у 2011 р. спостерігались саме у Донецькій області і склали 1525,9 тис. т або 34,9% від загального обсягу по країні, Дніпропетровській – 950,4 тис. т або 21,7% та Луганській області – 472,1 тис. т, або 10,8%. Протягом 2011 р. викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря здійснювали близько 8,7 тис. промислових підприємств, від яких в атмосферу надійшло понад 4,37 млн т забруднюючих речовин, що на 5,9% більше, ніж у 2010 р.

Що стосується ризику матеріальних збитків за рік від НС (y_2), то цей показник можна оцінити у спосіб обчислення середнього ризику втрат за рік від НС різного походження для відповідного i -го регіону України за співвідношенням [98]:

$$r_i = q_i / Q_i,$$

де r_i – середній ризик матеріальних збитків від НС різного походження за рік для відповідного i -го регіону України; q_i – обсяг матеріальних збитків від НС різного походження на території i -го регіону (тис. грн); Q_i – обсяг валового регіонального продукту i -го регіону України (тис. грн).

Результати оцінки ризику у регіонах України свідчать про значний його рівень у західних областях, насамперед у Закарпатській та Івано-Франківській, які майже щорічно потерпають від масштабних наслідків НС метеорологічного походження [23, 137]. Значні ризики зберігаються також для територій Херсонської, Харківської та Чернівецької областей.

Привертає увагу той факт, що в найрозвиненіших промислових регіонах держави зафіксовано відносно невеликий рівень ризику втрат від НС. На наш погляд, це можна пояснити значними обсягами ВРП даних регіонів, що певною мірою компенсує саме матеріальні збитки від НС різного походження.

Розраховуючи аналогічним чином інші показники небезпеки відповідного регіону держави y_{kj} , отримуємо узагальнюючу таблицю результатів оцінки, що відображає порівняльну характеристику екологічної

безпеки регіонів України станом на 2010 р. відповідно до прийнятих узагальнень.

Таблиця 6.3 – Характеристика регіонів України за інтегральним показником екологічної безпеки (Y_j)

Регіони України	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}	y_{6j}	Y_j
Автономна Республіка Крим	0.184	0.089	0.202	0.018	0.143	0.475	0.206
Вінницька	0.329	0.036	0.315	0.013	0.365	0.542	0.282
Волинська	0.000	0.000	0.155	0.007	0.775	0.914	0.292
Дніпропетровська	0.986	0.011	0.955	1.000	0.120	0.302	0.563
Донецька	0.528	0.002	1.000	0.150	0.090	0.216	0.373
Житомирська	0.564	0.000	0.191	0.005	1.000	0.766	0.405
Закарпатська	0.000	1.000	0.196	0.002	0.355	0.789	0.433
Запорізька	0.475	0.001	0.506	0.036	0.222	0.530	0.328
Івано-Франківська	0.000	0.604	0.457	0.009	0.349	0.611	0.370
Київська	0.526	0.000	0.439	0.020	0.350	0.592	0.348
Кіровоградська	0.445	0.002	0.199	0.340	0.454	1.000	0.409
Луганська	1.000	0.092	0.728	0.081	0.539	0.433	0.513
Львівська	0.053	0.027	0.271	0.012	0.260	0.329	0.163
Миколаївська	0.419	0.063	0.196	0.031	0.456	0.869	0.358
Одеська	0.284	0.016	0.213	0.003	0.286	0.429	0.217
Полтавська	0.121	0.001	0.324	0.035	0.295	0.654	0.253
Рівненська	0.000	0.000	0.137	0.007	0.907	0.819	0.283
Сумська	0.271	0.003	0.213	0.009	0.412	0.821	0.304
Тернопільська	0.000	0.010	0.165	0.012	0.166	0.777	0.208
Харківська	0.360	0.168	0.285	0.011	0.087	0.337	0.240
Херсонська	0.580	0.148	0.191	0.005	0.367	0.927	0.406
Хмельницька	0.136	0.122	0.176	0.011	0.361	0.663	0.257
Черкаська	0.140	0.014	0.301	0.014	0.264	0.715	0.262
Чернівецька	0.150	0.203	0.138	0.002	0.511	0.945	0.338
Чернігівська	0.286	0.027	0.245	0.004	0.616	0.890	0.352

При розрахунку інтегрального показника проведено статистичну обробку результатів оцінки. Середнє значення показника $\bar{Y}=0,327$, середньоквадратичне відхилення значення показника

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}{n - 1}} = 0,0962.$$

Стандартне відхилення середнього значення $\bar{S} = S/\sqrt{n}=0,0192$. Довірчий інтервал за 95% надійності $Y=0,327\pm 0,0397$.

Треба зазначити, що при розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки методом експертної оцінки було визначено відповідні вагові коефіцієнти для кожного y_{kj} . Експертні дослідження здійснюються з метою підготовки обґрунтованої інформації для осіб, які приймають управлінські рішення. Для цього створюється робоча група, яка фактично організовує діяльність експертів, які можуть об'єднуватися в експертну комісію. Експертні оцінки можуть бути індивідуальними та колективними. При індивідуальній оцінці відбувається отримання інформації лише від одного фахівця, тоді як колективні передбачають врахування оцінок від комісії або групи експертів для підвищення адекватності оцінювання.

Таблиця 6.4 – Визначення вагових коефіцієнтів β_k

y_{kj}	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}	y_{6j}
β_k	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2

За результатами оцінки інтегрального показника екологічної небезпеки проведено ранжирування регіонів України (рис. 6.2), що дає змогу певною мірою класифікувати їх відносно рівня безпеки. При цьому слід урахувати, що найбільше значення цього показника свідчить про найнижчий рівень екологічної безпеки відповідного регіону.

За результатами оцінки інтегрального показника екологічної небезпеки проведено ранжирування регіонів України (рис. 6.2), що дає змогу певною мірою класифікувати їх відносно рівня безпеки. Враховуючи нерівномірність зміни інтегрального показника за регіонами, їх групування за інтервалами значень здійснено засобами ГІС. При цьому кількість груп n визначалася за формулою Стерджесса

$$n = 1 + 3,322 \lg N, \quad (6.6)$$

де N – кількість одиниць сукупності (регіонів держави). Розраховуючи за даною формулою при $N = 25$, тобто $n = 1 + 3,322 \lg N = 1 + 3,322 \lg 25 = 5,64$, отримуємо 6 груп розподілу інтегрального показника екологічної небезпеки.

Розмір інтервалу визначався за виразом

$$i = \frac{(Y_{j\max} - Y_{j\min})}{n} = \frac{0,563 - 0,163}{6} = 0,067, \quad (6.7)$$

де i – величина інтервалу групування; $Y_{j\max}$ – максимальне значення інтегрального показника; $Y_{j\min}$ – мінімальне значення інтегрального показника; n – кількість груп, що визначалася за формулою Стерджесса.

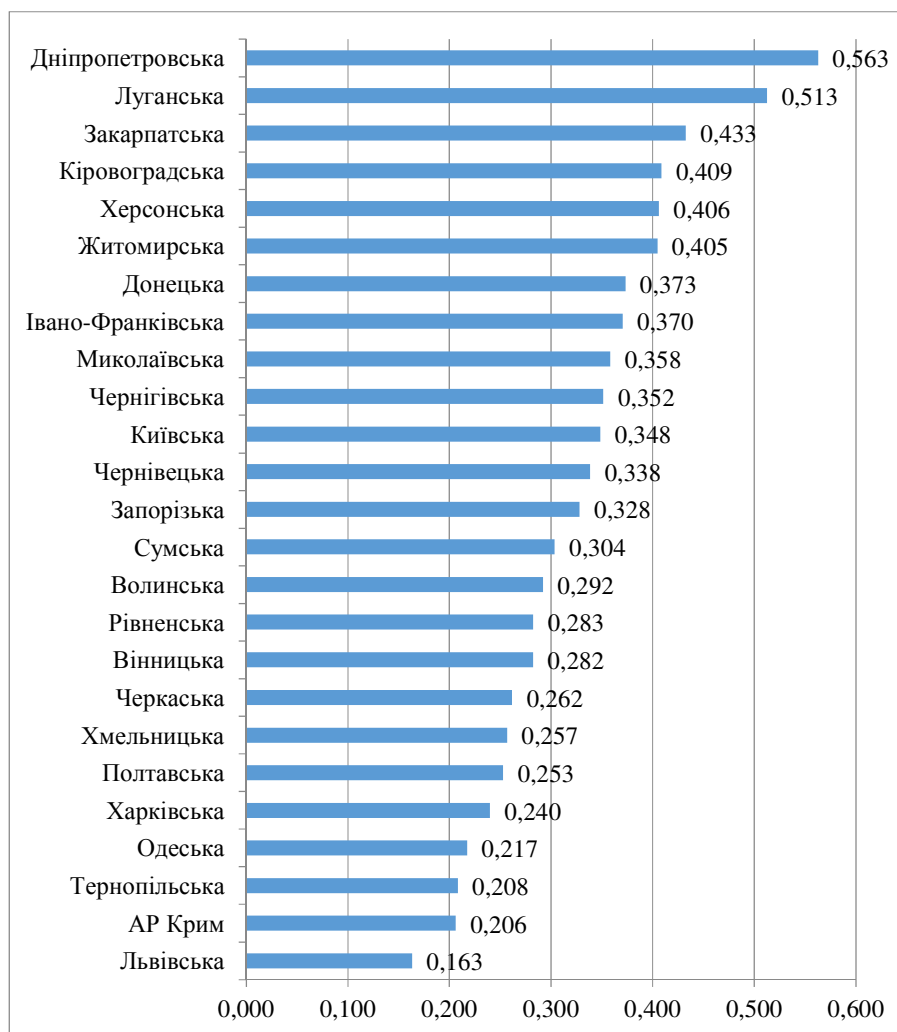


Рис. 6.2 – Ранжирування регіонів України за інтегральним показником екологічної безпеки

Результати оцінки демонструють найнижчий рівень екологічної безпеки ($Y_j = 0,498 \div 0,563$) для Дніпропетровської та Луганської областей. До регіонів з низьким рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,431 \div 0,498$) відноситься Закарпатська область. Кіровоградська, Херсонська, Житомирська, Донецька, Івано-Франківська ($Y_j = 0,364 \div 0,431$) області відносяться до регіонів з середнім рівнем екологічної безпеки. Сумська, Запорізька, Чернівецька, Київська,

Чернігівська та Миколаївська області відносяться до регіонів з помірним рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,297 \div 0,364$). Харківська, Полтавська, Хмельницька, Черкаська, Вінницька, Рівненська та Волинська області відносяться до регіонів з істотним рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,230 \div 0,297$). До регіонів з найвищим рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,110 \div 0,230$) відносяться АР Крим, Львівська, Тернопільська та Одеська області.

Порівнюючи отримані результати проведеної оцінки за інтегральним показником безпеки з характеристикою регіонів [109], що здійснювалася за іншою методикою з використанням даних 1999 р., можна відзначити суттєве зростання середньоукраїнського значення інтегрального показника безпеки (з 0,258 до 0,326). Крім того, суттєво відрізняється структурування регіонів за рівнем безпеки. Так, до класу регіонів з низьким рівнем безпеки перемістилися Дніпропетровська, Закарпатська, Кіровоградська, Херсонська області, Житомирська області, що додатково свідчить про суттєве погіршення екологічної ситуації у цих регіонах і в державі загалом. Треба також відзначити перехід АР Крим, Одеської, Харківської, Полтавської областей до класу регіонів помірної безпеки, що є позитивним чинником з огляду на рекреаційний потенціал цих регіонів.

Серед важливих причин посилення кризового екологічного стану в державі можна виокремити відсутність науково-обґрунтованих критеріїв оцінки екологічних і техногенних загроз національній безпеці, а також недостатній рівень пріоритету державної екологічної політики за відсутності дієвого моніторингу актуальних загроз і ризиків.

З метою обґрунтованої оцінки характеру змін основних загроз національній безпеці в екологічній сфері та визначення пріоритетних напрямків їх нейтралізації доцільно організувати моніторинг стану екологічного складника національної безпеки держави на основі системи запропонованих показників.

Розглянутий підхід до порівняльної оцінки регіонів за рівнем екологічної безпеки дає змогу ранжирувати регіони за інтегральним показником безпеки,

цілеспрямовано здійснювати моніторинг актуальних загроз екологічній безпеці на основі системи їхніх показників, а також більш обґрунтовано приймати рішення щодо підвищення рівня екологічної безпеки регіонів держави.

Відповідно до запропонованого підходу доцільно здійснити подальші дослідження за наступними напрямками:

- формування дієвої системи підбору кваліфікованих експертів за кожною сферою національної безпеки;
- визначення взаємозв'язків відносних показників загроз екологічній безпеці в усіх сферах національної безпеки;
- обґрунтування вибору нормуючих вагових коефіцієнтів для оцінювання стану екологічної безпеки на регіональному рівні;
- розробка методів і засобів системного моніторингу екологічних загроз, що дають змогу не лише контролювати, а й забезпечувати підтримку такого стану безпеки, за якого її показники перебуватимуть у допустимих межах.

6.3 Регіональна оцінка рівня техногенного навантаження в Україні

Суттєве загострення політичної обстановки в східних і південних регіонах України у випадку подальшої ескалації матиме своїм наслідком значне зростання загроз екологічній безпеці держави, в т.ч. внаслідок порушення технологічного режиму численних потенційно небезпечних об'єктів (ПНО). Успадкований від колишнього СРСР комплекс гірничодобувних, хімічних, енергетичних та інших об'єктів із значною кількістю промислово-міських агломерацій та високою щільністю населення (до 70%), у теперішній ситуації зумовлює суттєве зростання ризиків виникнення техногенних екологічних катастроф з масштабними транскордонними наслідками через загрозу воєнних дій в місцях дислокації ПНО. Найбільшу загрозу серед них можуть представляти АЕС, шахти та

кар'єри, греблі великих водосховищ, підприємства хімічної промисловості, полігони та накопичувачі токсичних відходів.

В Україні більше 5700 ПНО (23% від загальної кількості) зосереджено на території Донецької, Луганської та Харківської областей за просторової щільності в 3 рази вище середньої [98, 137]. При цьому переважаюча частина з них є об'єктами критичної інфраструктури та експлуатується за умов наднормативної зношеності (до 70%), небезпечного зниження міцності порід підгрунтя внаслідок підтоплення, послаблюючого впливу корозії на конструктивні елементи нафто- і газопроводів, мостів, підземних комунікацій тощо.

У гірничодобувних районах Донбасу при систематичних порушеннях технологічного регламенту водовідливу шахт та кар'єрів протягом року виникає загроза катастрофічного підтоплення та затоплення прилеглих міст та селищ, непрогнозованого руху вибухонебезпечних і токсичних газів (метан, радон) до промислової і житлової забудови, забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання. Наявність в зоні вугледобувних робіт більше 2 тис. «копанок» створює реальну загрозу некерованого витоку забруднених шахтних вод у зони живлення поверхневих і підземних водозаборів і транскордонний стік р. Сіверський Донець. Тому одним із пріоритетів забезпечення національної безпеки є відстеження параметрів інженерно-будівельного стану ПНО, першочергове удосконалення системи моніторингу та оцінки їх еколого-техногенного стану для попередження надзвичайних ситуацій.

Аналіз впливу нових факторів загроз свідчить, що ситуація може суттєво ускладнитися через незадовільні екологічні та економічні показники видобутку та переробки мінерально-сировинних ресурсів розвинутих гірничодобувних регіонів Донбасу, Кривбасу, Карпатського регіону, шахти і кар'єри яких вже досягли критичних глибин (більше 1 км та 0,4 км відповідно) за використання застарілого та низько-ефективного устаткування. Крім того, сумарна площа з порушенням рівноважного стану надр у розвинутих ГДР

перевищує 6 тис. км², в межах яких вилучено більше 1 млрд м³ порід та існують сотні кілометрів незакладених виробок, що примикають до багатьох міст і селищ [32, 51].

В сучасних умовах загострення кризи в Україні суттєво зростає кількість територій і промислово-міських агломерацій, де погіршення економічної ситуації в сукупності з руйнуванням промислових і житлових об'єктів у гірничодобувних районах Донбасу, Кривбасу, небезпечним забрудненням приземної атмосфери, джерел питної води може призвести до втрати перспектив сталого розвитку, суттєвого зменшення зайнятості населення і зростання соціальної напруженості в суспільстві. Треба відмітити, що в ряді регіонів держави включаючи Донбас, Кривбас, смт Солотвино Закарпатської області, території підтоплення земель у Південних областях України внаслідок низької ефективності адміністративних та природоохоронних заходів за умови недостатнього фінансування вже відбуваються процеси спустелення значних територій і виникнення екологічних біженців.

До вагомих факторів подальшого загострення соціально-економічної ситуації і виникнення нових загроз національній безпеці в екологічній сфері можна віднести сучасний прояв на території України наслідків глобальних змін клімату (збільшення висоти і частоти повеней, посух, зледенінь та ін.), що активізує ерозію та погіршує врожайність земель, сприяє регіональній активізації небезпечних зсувних, просадкових, карстово-провальних процесів та ускладнює умови експлуатації нафто-газопроводів, електромереж, залізниці. Крім того, зростає ризик виникнення транскордонних надзвичайних ситуацій водно-екологічного походження внаслідок некерованого витоку солоних та забруднених вод із закритих шахт та кар'єрів у Карпатському регіоні та Східному Донбасі через забруднення річкових басейнів річок Дністер, Західний Буг та Сіверський Донець.

Виконані оцінки сучасних техногенних порушень екологічних параметрів життєзабезпечуючих компонентів навколишнього середовища (поверхнева і підземна гідросфера, верхня зона надр, прибережно-морські

території та ін.) засвідчили, що в багатьох регіонах вони набули незворотного характеру і досягли рівня дестабілізуючого впливу на національну безпеку держави. В цілому це значно знижує рівень безпеки життєдіяльності, призводить до значних економічних втрат (5-10 млрд. грн./рік) і людських жертв, а також формує додаткові ризики під час соціальних і військових конфліктів у вигляді ланцюгових (послідовних за розвитком) і каскадних (територіальних) надзвичайних ситуацій. Треба також враховувати, що більшість ПНО генерує комплексний вплив і напружено-деформований стан верхньої зони порід із активізацією небезпечних екзогенних геологічних процесів, що суттєво знижує стійкість їх відповідальних конструктивних елементів [76-82, 98].

Тому у складних соціально-політичних та економічних умовах, в яких опинилася наша держава, необхідно періодично проводити оцінку безпеки регіонів за рівнем техногенного навантаження і на цій основі приймати обґрунтовані рішення щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на важливих інфраструктурних об'єктах для підвищення рівня екологічної безпеки держави.

Серед об'єктів критичної інфраструктури особливу загрозу становлять просторово розподілені залізничні колії, нафто- та газопроводи, мости, потенційно небезпечні об'єкти, магістральні електромережі, безпечна експлуатація яких має першочергове значення для соціально-економічного розвитку України.

Залізничний транспорт України є провідною галуззю дорожньо-транспортного комплексу країни, що забезпечує 82% вантажних і майже 50% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Експлуатаційна мережа залізниць України складає майже 22 тис. км, з яких 45% електрифіковано [101]. За обсягами вантажних перевезень залізниці України займають четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. Вантажонапруженість українських

залізниць, що характеризує річний обсяг перевезень на 1 км, в 3-5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн.

На залізницях функціонують 1492 залізничних станцій, 55 локомотивних і 48 вагонних депо, 110 дистанцій колії, 69 дистанцій сигналізації і зв'язку, 44 дистанцій енергопостачання. Територією України проходять 3 залізничних транспортні коридори - № 3,5,9. Через українські порти Ізмаїл і Рені здійснюється взаємодія з пан'європейським коридором №7, який проходить річкою Дунай. На сьогодні довжина національної мережі залізничних транзитних коридорів в Україні складає 3162 км.

В Україні експлуатується 8451 автомобільний міст, 2328 пішохідних мостів та 861 шляхопровід загальною протяжністю 669 км. Значне зростання інтенсивності руху, особливо великовагових навантажень, призводить до руйнування покриття проїзної частини вулично-дорожньої мережі та елементів конструкцій мостових споруд. Так, із загальної кількості мостів та шляхопроводів близько 6% мають обмежену несучу спроможність або знаходяться в аварійному стані. Найгірший показник за кількістю мостів та шляхопроводів, що мають обмежену несучу спроможність або перебувають в аварійному стані, спостерігається у Донецькій (18 %) та Львівській (19 %) областях [3].

За нашими оцінками останніми роками відбувається прискорене зростання уразливості мостів і шляхових захисних споруд в умовах посилення впливу чинників глобальних змін клімату, про що свідчать повторні руйнування цих об'єктів під час повеней у Карпатському регіоні.

В нашій державі налічується понад 24 тис. ПНО, з яких 6,5 тис. відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки. Особливе занепокоєння викликають 1211 об'єктів промисловості, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше 805 тис. тонн небезпечних хімічних речовин. Усього у зонах можливого хімічного зараження цих об'єктів проживає близько 12 млн осіб [23, 138].

Результати перевірок показали, що на більшості ПНО дуже повільно впроваджуються системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення, персонал підприємств не забезпечений у достатній кількості засобами індивідуального захисту, об'єктові матеріальні резерви створені у недостатньому обсязі. Крім того, захисні споруди експлуатуються з порушеннями, плани локалізації та ліквідації аварій вимагають коректування. При цьому лише 65% об'єктів уклали угоди на обслуговування державними аварійно-рятувальними службами. Крім того, існуючі системи об'єктового і територіального моніторингу не здатні забезпечити надходження інформації в необхідному обсязі і складі для оцінки та прогнозу ситуації у реальному часі.

До найбільш небезпечних об'єктів стратегічного значення можна віднести Бортницьку станцію аерації ПАТ "АК Київводоканал", ДП «Горлівський хімічний завод», ДП НВО «Павлоградський хімічний завод», Павлоградський механічний завод ДП «ВО ПМЗ ім. Макарова», ДП «Солотвинський солерудник», ВАТ «Радикал», ВАТ «Оріана», ВАТ «Рівнеазот», ВАТ «Азот» м. Черкаси, ВАТ «Концерн Стирол», а також торговельні морські порти в Миколаївській та Одеській областях.

Основою електроенергетики країни є Об'єднана електроенергетична система (ОЕС) України, яка здійснює виробництво, передавання та розподіл електроенергії для забезпечення внутрішніх споживачів, взаємодіє з енергосистемами суміжних країн, забезпечує експорт, імпорт і транзит електроенергії. Вона поєднує енергогенеруючі потужності, розподільні електричні мережі регіонів України, пов'язані між собою системоутворюючими магістральними мережами. Магістральні електричні мережі напругою 220-750 кВ є найважливішою складовою ОЕС. Їх частка в передаванні електроенергії, виробленої на електростанціях України, складає понад 90% [99, 100].

Крім того, за допомогою міждержавних електричних мереж здійснюється паралельна робота ОЕС України з енергосистемами Росії,

Білорусі, Молдови, з Європейською мережею системних операторів із передавання електроенергії ENTSO-E («Бурштинський острів»), а також експорт електричної енергії. Оперативно-технологічне керування ОЕС здійснюється централізовано Державним підприємством «Національна енергетична компанія «Укренерго».

Розвинуті, економічні і високонадійні магістральні та міждержавні електричні мережі (ММЕМ) створюють передумови для диверсифікації паливного балансу електроенергетики України, розвитку поновлюваних джерел енергії та збільшення експорту електроенергії.

В цілому ММЕМ у своєму складі мають 4,5 тис. км ліній електропередачі напругою 750-500 кВ, 12,8 тис. км ліній електропередачі 330 кВ, 3,0 тис. км ліній електропередачі 220 кВ, понад 0,3 тис. км ліній 400 кВ та 0,1 тис. км лінії 800 кВ [4]. Крім того, як міждержавні лінії електропередачі використовують близько 0,5 тис. км ліній 35-110 кВ. Також у складі ММЕМ є 133 підстанції, з них 8 – напругою 750 кВ, 2 – напругою 500 кВ, 87 – напругою 330 кВ, 34 – напругою 220 кВ та 2 – напругою 400 кВ, при цьому загальна установлена трансформаторна потужність становить 77828,1 МВА [100].

Сьогодні ММЕМ у цілому задовольняють потреби економіки та населення у передаванні електричної енергії, однак за останні роки виникла низка нових проблем, що потребують системного аналізу та вжиття відповідних заходів щодо забезпечення розвитку цих мереж. Зокрема, слід відмітити дію таких факторів, як погіршення умов керування об'єднаною електроенергетичною системою України через збільшення кількості суб'єктів господарювання різної форми власності у сфері виробництва, передавання та розподілу електроенергії, високий рівень зносу основних фондів та вироблення ресурсу обладнання (41,3% усіх ліній електропередачі ММЕМ перебувають у експлуатації понад 40 років, а 55,4% силових трансформаторів і 76,9% вимикачів напругою 35-750 кВ - понад 25 років) зумовлюють збільшення експлуатаційних витрат на ремонти та технічне обслуговування обладнання.

Старіння обладнання трансформаторних підстанцій, елементів ліній електропередач, погіршення кліматичних умов в Україні, а також регіональна активізація процесів підтоплення, просідань, зниження несучої здатності лесів призводять до зростання аварійності та технологічних витрат електроенергії на її транспортування, викликає підвищену кількість відключень обладнання та його пошкодження.

Враховуючи нерівномірний розподіл більшості об'єктів критичної інфраструктури регіонами держави, виконано оцінку питомої щільності їх характеристик M_i , що визначалися

$$M_i = \frac{N_i}{S_i} \equiv \frac{L_i}{S_i}, \quad (6.8)$$

де N_i – кількість ОКТИ в заданому регіоні; L_i – довжини відповідного ОКТИ на території певного регіону; S_i – площа заданого регіону (Табл. 6.5).

Табл. 6.5 – Оцінка параметрів ОКТИ регіонів України [96]

Назва адміністративної одиниці	Площа, тис.км ²	Питома щільність залізниць M_1 км/тис.км ²	Питома щільність мостів M_2 шт./тис.км ²	Питома щільність ПНО M_3 шт./тис.км ²	Питома щільність МЕМ M_4 км/тис.км ²	Щільність населення M_5 чол./км ²
АР Крим	27.0	22.00	11.04	33.30	63.79	72.78
Вінницька	26.2	53.10	8.51	26.31	30.89	62.96
Волинська	20.2	30.12	14.85	14.90	27.78	51.31
Дніпропетровська	31.9	52.72	12.38	64.42	56.16	106.13
Донецька	26.5	74.94	12.38	109.74	57.08	168.42
Житомирська	29.9	37.75	14.68	18.16	27.99	42.98
Закарпатська	12.8	57.48	27.03	58.91	48.18	97.26
Запорізька	27.2	34.26	14.45	38.97	37.19	66.56
Івано-Франківська	13.9	53.14	26.62	38.49	38.29	99.32
Київська	28.9	28.31	11.35	23.29	36.89	59.55
Кіровоградська	24.6	37.81	8.98	20.45	50.70	41.34
Луганська	26.7	47.87	12.06	41.46	37.83	86.50
Львівська	21.8	57.17	17.02	62.20	46.72	116.92
Миколаївська	24.6	31.89	6.45	29.31	30.40	48.33
Одеська	33.3	30.55	9.55	20.36	41.80	71.77
Полтавська	28.8	28.30	11.88	49.97	26.77	52.03
Рівненська	20.1	33.23	17.01	26.67	28.51	57.30
Сумська	23.8	36.90	12.35	22.14	30.07	49.20
Тернопільська	13.8	38.72	13.26	38.41	42.22	78.86
Харківська	31.4	44.74	12.26	53.95	44.10	88.14
Херсонська	28.5	16.20	6.37	18.21	40.17	38.34
Хмельницька	20.6	37.61	12.33	36.63	46.06	64.72

Назва адміністративної одиниці	Площа, тис.км ²	Питома щільність залізниць М ₁ км/тис.км ²	Питома щільність мостів М ₂ шт./тис.км ²	Питома щільність ПНО М ₃ шт./тис.км ²	Питома щільність МЕМ М ₄ км/тис.км ²	Щільність населення М ₅ чол./км ²
Черкаська	20.9	36.89	9.71	24.31	28.07	61.93
Чернівецька	8.1	51.90	26.80	43.83	41.80	111.63
Чернігівська	31.9	28.84	11.25	23.42	36.28	34.75

З метою уніфікації оцінок питомої щільності різноманітних за факторами впливу ПНО пропонується визначити коефіцієнти техногенного навантаження регіонів України, що характеризуватимуть відносні рівні питомої щільності характеристик об'єктів критичної інфраструктури

$$m_i = \frac{M_i - M_{\min}}{M_{\max} - M_{\min}}, \quad (6.9)$$

де M_{\min} та M_{\max} – відповідно мінімальне та максимальне значення показників питомої щільності ОКТИ.

Комплексний показник рівня техногенного навантаження регіонів України γ визначатиметься

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \frac{M_i - M_{\min}}{M_{\max} - M_{\min}}. \quad (6.10)$$

Табл. 6.6 – Результати оцінки рівня техногенного навантаження регіонів

Регіони України	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	γ
АР Крим	0.09	0.26	0.19	1.00	0.28	1.82
Вінницька	0.58	0.14	0.11	0.11	0.21	1.15
Волинська	0.22	0.44	0.00	0.03	0.12	0.81
Дніпропетровська	0.57	0.32	0.52	0.79	0.53	2.73
Донецька	0.92	0.32	1.00	0.82	1.00	4.06
Житомирська	0.34	0.43	0.03	0.03	0.06	0.89
Закарпатська	0.65	1.00	0.46	0.58	0.47	3.16
Запорізька	0.28	0.42	0.25	0.28	0.24	1.47
Івано-Франківська	0.58	0.98	0.25	0.31	0.48	2.6
Київська	0.19	0.28	0.09	0.25	0.19	1
Кіровоградська	0.34	0.17	0.06	0.65	0.05	1.27
Луганська	0.50	0.31	0.28	0.30	0.39	1.78
Львівська	0.64	0.54	0.50	0.51	0.61	2.8
Миколаївська	0.25	0.00	0.15	0.10	0.10	0.6

Одеська	0.23	0.19	0.06	0.41	0.28	1.17
Полтавська	0.19	0.30	0.37	0.00	0.13	0.99
Рівненська	0.27	0.54	0.11	0.05	0.17	1.14
Сумська	0.32	0.32	0.08	0.09	0.11	0.92
Тернопільська	0.35	0.36	0.25	0.42	0.33	1.71
Харківська	0.45	0.32	0.41	0.47	0.40	2.05
Херсонська	0.00	0.00	0.03	0.36	0.03	0.42
Хмельницька	0.34	0.32	0.22	0.49	0.22	1.59
Черкаська	0.31	0.20	0.10	0.04	0.20	0.85
Чернівецька	0.56	0.94	0.31	0.41	0.58	2.8
Чернігівська	0.20	0.27	0.09	0.23	0.00	0.79

За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем техногенного навантаження (рис.6.3).



Рис.6.3 – Рівні техногенного навантаження регіонів України

Отримані дані дозволяють провести групування регіонів України за

інтегральним рівнем просторового розподілу ПНО, що формує 6 категорій техногенного навантаження.

При цьому кількість цих категорій n визначалася за формулою Стерджесса

$$n=1+3,322\lg N,$$

де N – кількість одиниць сукупності (регіонів держави). Розраховуючи за даною формулою при $N=25$, тобто $n=1+3,322\lg N = 1+3,322 \lg 25=5,64$, отримуємо 6 груп розподілу рівня техногенного навантаження (табл. 6.6).

При цьому розмір кожного інтервалу визначався за виразом

$$i = \frac{(Y_{\max} - Y_{\min})}{n} = \frac{4,06 - 0,42}{6} = 0,61$$

де i – величина інтервалу групування; Y_{\max} – максимальне значення показника; Y_{\min} – мінімальне значення показника; n – кількість груп.

Табл. 6.6 – Групування регіонів України за рівнем техногенного навантаження

Діапазон зміни γ	Рівень техногенного навантаження	Назва адміністративної одиниці
0,42÷1,03	Незначний	Херсонська, Миколаївська, Чернігівська, Волинська, Черкаська, Житомирська, Сумська, Полтавська, Київська
1,04÷1,64	Помірний	Рівненська, Вінницька, Одеська, Кіровоградська, Запорізька, Хмельницька
1,65÷2,25	Середній	Харківська, Тернопільська, Луганська, АР Крим
2,26÷2,86	Підвищений	Івано-Франківська, Дніпропетровська, Львівська, Чернівецька
2,87÷3,47	Високий	Закарпатська
3,48÷4,06	Критичний	Донецька

Значний рівень техногенного навантаження мають області Східного та Карпатського регіону, в той час як більш помірний рівень спостерігається в

областях Полісся та Приморської зони. Донецька, Дніпропетровська, Луганська, Харківська області характеризуються значною концентрацією промислових підприємств гірничого, хімічного та металургійного комплексів та високою щільністю населення, що обумовлює формування істотних ризиків техногенного походження.

До Карпатського регіону відносяться Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська і Чернівецька області, він займає площу близько 9,4 % території України, де проживають 12 % її населення. Регіон характеризується значним техногенним порушенням ландшафтів та різнорівневою системою виробничих відносин, а його виробничі потужності здебільшого зорієнтовані на активне місцеве ресурсокористування. Зокрема, в Закарпатській, Івано-Франківській та Чернівецькій областях, провідне місце займають вкрай енерговитратні лісопереробний і сировинно-видобувний комплекси [96].

Нарощування обсягів виробництва в цих галузях весь час супроводжувалося створенням хімічних і лісохімічних потужностей, хронічно високою енерго- та ресурсоемністю порівняно з розвинутими країнами, неконтрольованою появою і нагромадженням різноманітних токсичних відходів, а також екологічною незбалансованістю техногенних навантажень на довкілля регіону.

В окремих областях сформувалися території загрозливого екологічного стану, зокрема, у містах Дрогобицької агломерації, що включають Дрогобич, Борислав, Стебник, Трускавець, де численні діючі та недосконало ліквідовані об'єкти гірничохімічної, нафтопереробної, лакофарбової та інших галузей промисловості внаслідок ураженості проммайданчиків процесами підтоплення, карсту, зсувоутворення становлять реальну загрозу розвитку рекреаційного господарства [5-7]. Інтегральний вплив різноманітних ПНО та небезпечних екзогенних геологічних процесів призводить до критичного напруження екологічної ситуації в межах Львівсько-Волинського вугільного басейну, в зонах впливу Яворівського і Роздольського ВО «Сірка», Калуського ВО «Оріана», Солотвинського солерудника (Закарпатська обл.), що загрожує

розвитком транскордонних надзвичайних ситуацій у басейнах річок Дністер і Тиса.

Останніми роками через зростання впливу наслідків глобальних змін клімату (збільшення кількості та нерівномірності опадів, висоти і частоти повеней), регіональну активізацію зсувних і селевих процесів у Карпатському регіоні значно зросла загроза виникнення екологічно небезпечних техногенних аварій і катастроф [166, 167]. Крім того, майже четверта частина його населення проживає в зонах з підвищеним екологічним ризиком функціонування потенційно небезпечних об'єктів.

Українське Полісся має досить вигідне географічне положення вздовж північного кордону держави. На півдні Полісся межує з Карпатським, Подільським, Центральним та Східним районами. Через цей регіон проходять транспортні артерії, що з'єднують Україну з Білоруссю, частково з Росією та Західною Європою. Стратегічне положення району дає змогу активно залучати Полісся не тільки до розвитку міжрегіональних внутрішньо українських зв'язків, але й до торговельних та виробничих взаємовідносин України з іншими державами, створення вільних економічних зон, розбудови міжнародної системи торгівлі, транспорту та зв'язку, створення зон міжрегіонального та міждержавного співробітництва.

Головними умовами, що визначають специфічні риси сучасного виробничого потенціалу Полісся, виступають комплексна структура природно-ресурсного потенціалу, у якій домінує частка сільськогосподарських ресурсів, а також довготривала аграрно-промислова спеціалізація господарства регіону. У 90-і роки в промисловості та сільському господарстві відбулося суттєве моральне та фізичне старіння основних фондів. У багатьох галузях фактично припинилось нарощування та оновлення виробничих потужностей. Особливої шкоди при цьому завдано галузям спеціалізації економічного району, зокрема, легкій промисловості, машинобудуванню, сільськогосподарському виробництву тощо. Неналежним чином використовується виробничий потенціал, сконцентрований у зоні радіоактивного забруднення. Особливо це

стосується підприємств агропромислового комплексу.

Розташування району з точки зору розміщення транспортних комунікацій вигідно виділяє Полісся серед інших регіонів держави. Через його територію проходять важливі залізничні та автотранспортні шляхи, в тому числі транспортні коридори міжнародного значення за напрямками Росія – Україна – Польща та Україна – Білорусь. Важливими вузловими транспортними центрами є Бахмач, Житомир, Чернігів, Коростень, Луцьк, Рівне. Електрифікованими є залізниці напрямів Київ – Коростень та Київ – Ніжин – Конотоп, Ніжин – Чернігів. Головним водним шляхом району є р. Десна.

Судноплавні ділянки мають р. Стир та р. Горинь, Київське водоймище. Експлуатаційна довжина залізничних колій загального користування району сягає 3191 км, довжина автомобільних шляхів загального користування з твердим покриттям – 25,8 тис. км, причому як щільність залізничних колій, так і густота автомобільних доріг у Поліссі є меншою за середньо український показник, що об'єктивно пояснюється нижчим рівнем господарського освоєння району.

У Південному районі найбільш гострими є соціальні і екологічні проблеми враховуючи значну економічну вагу рекреаційного потенціалу. За останні десятиріччя відбулося підвищення рівня Азовського і Чорного морів, збільшилось забруднення поверхневого шару Чорного моря, що призвело до зниження випаровуваності води і таким чином зростання наступу моря на суходіл. Це може мати катастрофічні наслідки, оскільки підвищення рівня моря при збільшенні частоти штормів та енергії хвиль посилює загрозу абразійного руйнування прибережних рекреаційних територій, знищення відділених лиманів із суттєвим порушенням гідрохімічного і гідробіологічного режиму вод. У зв'язку з цим можуть загинути цінні породи риб, будуть підтоплені землі, міста і села, зруйновані господарські споруди.

Підняття рівня ґрунтових вод також стимулюватиме розширення площ підтоплення всього низинного півдня України, що в підсумку докорінно

погіршить економічну і соціальну ситуацію в регіоні.

Враховуючи суттєве зростання загроз техногенного походження в умовах погіршення політичної ситуації в державі та ризику несанкціонованих впливів на критичну інфраструктуру, Державній службі з надзвичайних ситуацій України вкрай необхідно переглянути існуючу Класифікацію ПНО з урахуванням чинників геополітичних і транскордонних ризиків, а також всебічно використовувати позитивний зарубіжний досвід, положення Міжнародних стратегій і підходів із запобігання надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру при розробці проектів концепцій, програм, законодавчих актів з формування і удосконалення системи цивільного захисту.

Висновки до розділу 6

1. Проаналізовано основні тенденції прояву актуальних природних і техногенних загроз в Україні. З метою обґрунтованої оцінки характеру змін основних загроз національній безпеці в природно-техногенній сфері та визначення пріоритетних напрямків їх нейтралізації запропоновано систему індикаторів стану екологічної безпеки держави, що враховують забруднення атмосферного повітря, зміни стану земельних і водних ресурсів, залісеність території, утворення відходів.

2. Розроблено метод оцінки рівня екологічної безпеки регіонів на основі обґрунтованих індикаторів зміни стану основних компонентів довкілля. Серед показників відповідного регіону, що відображають загальний рівень його екологічної безпеки, в роботі розглядаються нормовані значення індивідуального ризику загибелі населення впродовж року від НС, ризику матеріальних збитків за рік від НС, обсягу викидів в атмосферне повітря в розрахунку на душу населення за рік, обсягу утворення відходів на душу

населення за рік, показника відтворення лісів на душу населення за рік, смертності населення за рік на 100000 осіб.

3. Розроблений метод забезпечує можливість ранжирувати регіони за інтегральним показником безпеки, цілеспрямовано здійснювати моніторинг актуальних загроз екологічній безпеці на основі системи їхніх показників, а також більш обґрунтовано приймати рішення щодо підвищення рівня екологічної безпеки регіонів держави.

4. Результати оцінки за розробленим методом засвідчили, що найнижчий рівень екологічної безпеки ($Y_j = 0,498 \div 0,563$) мають Дніпропетровська та Луганська області. До регіонів з низьким рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,431 \div 0,498$) відноситься Закарпатська область. Кіровоградська, Херсонська, Житомирська, Донецька, Івано-Франківська ($Y_j = 0,364 \div 0,431$) області відносяться до регіонів з середнім рівнем екологічної безпеки. Сумська, Запорізька, Чернівецька, Київська, Чернігівська та Миколаївська області відносяться до регіонів з помірним рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,297 \div 0,364$). Харківська, Полтавська, Хмельницька, Черкаська, Вінницька, Рівненська та Волинська області відносяться до регіонів з істотним рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,230 \div 0,297$). До регіонів з найвищим рівнем екологічної безпеки ($Y_j = 0,110 \div 0,230$) відносяться АР Крим, Львівська, Тернопільська та Одеська області.

4. Результати оцінки динаміки значення інтегрального показника безпеки показали його погіршення останнім часом. Крім того, суттєво відрізняється структурування регіонів за рівнем безпеки. Так, до класу регіонів з низьким рівнем безпеки перемістилися Дніпропетровська, Закарпатська, Кіровоградська, Херсонська області, Житомирська області, що додатково свідчить про суттєве погіршення екологічної ситуації у цих регіонах і в державі загалом. Треба також відзначити перехід АР Крим, Одеської, Харківської, Полтавської областей до класу регіонів помірної безпеки, що є позитивним чинником з огляду на рекреаційний потенціал цих регіонів.

5. Розроблено метод оцінки рівня техногенного навантаження на регіональному рівні, що базується на визначенні комплексного показника, що враховує просторовий розподіл магістральних залізничних шляхів, газопроводів, мостів, потенційно небезпечних об'єктів, магістральних електромереж в регіонах України. Проведено групування регіонів України за інтегральним рівнем просторового розподілу ПНО, що формує 6 категорій техногенного навантаження.

6. Результати оцінки показали, що значний рівень техногенного навантаження мають області Східного та Карпатського регіону, в той час як більш помірний рівень спостерігається в областях Полісся та Приморської зони. Донецька, Дніпропетровська, Луганська, Харківська області характеризуються значною концентрацією промислових підприємств гірничого, хімічного та металургійного комплексів та високою щільністю населення, що обумовлює формування істотних ризиків техногенного походження.

Основні наукові результати розділу опубліковано в працях автора [94, 91, 103, 107, 193, 96, 221, 84].

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена створенню наукових і методологічних засад оцінки природних і техногенних ризиків і загроз для удосконалення структури екологічного моніторингу та підвищення рівня екологічної безпеки регіонів України.

1. Досліджено характер впливу природних і техногенних загроз на стан основних об'єктів захисту регіонів, що включають населення, господарські об'єкти та компоненти довкілля. Обґрунтовано використання теорії надійності для оцінки рівня безпеки регіонів України. На цій основі удосконалено методи оцінки та проведено їх практичне застосування для основних об'єктів захисту регіонів держави. Отримані результати оцінки показали, що найбільш захищеними об'єктами захисту в західних регіонах держави є населення та довкілля, в той час як найменш захищеними в східних регіонах є господарські об'єкти та населення.

2. Проведено оцінку швидкості зміни у часі функції безпеки регіонів України для кожного об'єкту захисту. Визначення цього показника здійснено на основі розрахунку нахилу лінії лінійної регресії за точками даних аргументів відомих значень функції безпеки та часу. Найбільше значення цього показника відображає найшвидшу зміну та відповідно зниження рівня безпеки по відношенню до інших регіонів держави, в той час як найнижче значення показує, що функція безпеки регіону знижується більш повільно і даний регіон є більш захищеним.

3. Розроблено методи комплексної оцінки загроз безпеці експлуатації об'єктів критичної транспортної інфраструктури регіонів за обґрунтованим критерієм їх розташування у зонах стійкого просторово-часового прояву НЕГП.

4. Проведено комплексну оцінку актуальних загроз інженерно-геологічного походження для безпеки експлуатації магістральних електромереж, газопроводів, залізничних шляхів, міжнародних транспортних

коридорів, мостів з використанням технологій геоінформаційних систем. В якості фізичної основи критерію безпеки експлуатації ОКТП визначено їх ділянки у зонах стійкого просторово-часового прояву НЕГП. Кількісне значення цього критерію визначалося як відсоток довжини певного ОКТП в межах зон прояву підтоплення, карсту, просідання, зсувів.

5. Проведено оцінку загроз на регіональному рівні від екзогенних геологічних процесів (підтоплення, карст) для безпеки функціонування просторово розвинутих у різних інженерно-геологічних умовах магістральних ліній електропередач та газопроводів України. Найбільш несприятливі умови для функціонування МЕМ в умовах можливих загроз від підтоплення склалися у Житомирській, Волинській, Чернігівській, Полтавській, Рівненській областях, оскільки понад 50 % МЕМ у них розташовано під загрозою підтоплення. Здійснено аналіз загроз від підтоплення, карсту, зсувів для залізничних колій в регіонах України. Проведено ранжирування регіонів України за рівнем екзогенних геологічних загроз для безпеки функціонування об'єктів критичної транспортної інфраструктури.

6. Проведено регіональну оцінку впливу небезпечних геологічних процесів для безпеки функціонування міжнародних транспортних коридорів, що проходять через територію України. Результати оцінки демонструють, що найбільш уразливим до впливу НЕГП є МТК Гданськ – Одеса, що практично по всій своїй довжині перебуває на територіях активізації карстових процесів. Крім того, цей МТК проходить регіонами України, де відбувається розвиток процесів підтоплення, що мають стійку тенденцію до активізації через вплив факторів глобальних змін клімату. Пан'європейський МТК №3 розташований на територіях розвитку карстових і просадкових процесів, що у випадку активізації можуть істотно пошкодити відповідальні конструктивні елементи МТК. Визначено, що найбільш безпечним до впливу НЕГП є Пан'європейський МТК № 5.

7. Обґрунтовано основні вимоги до програмних засобів оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури на регіональному рівні в

автоматизованому режимі. Розроблено засоби функціональної взаємодії компонентів ПЗОЗБ з інформаційними ресурсами, що включають геоінформаційну складову, бази даних потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів критичної транспортної інфраструктури.

8. ПЗОЗБ створено у вигляді проблемно-орієнтованого проекту *ArcMap* з використанням мови програмування *Visual Basic* для стандартів *ArcGIS*. Розроблено графічний інтерфейс користувача ПЗОЗБ з урахуванням можливостей операційного середовища та практичних потреб роботи оператора. Він забезпечує виконання послідовності дій оператора з оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури: вибору регіону для дослідження, вибору об'єкта критичної транспортної інфраструктури, вибору НЕГП, виводу результатів оцінки.

9. За результатами оцінки створено базу даних електронних карт актуальних загроз геологічного походження безпеці експлуатації магістральних газопроводів, залізничних шляхів в регіонах України.

10. Розроблено новий метод оцінки ризику екологічній безпеці на регіональному рівні, що передбачає розрахунок загального ризику втрат для об'єктів захисту регіонів держави. Складовими загального ризику екологічній безпеці регіонів визначено ризик від втрати життя і здоров'я населення в результаті реалізації НС різного походження, ризик від руйнування та ушкодження ПНО, а також ризик від втрати та ушкодження об'єктів довкілля.

11. За розробленим методом проведено оцінку комплексного ризику екологічній безпеці регіонів України, що враховує негативний вплив НС різного походження на формування загроз для основних об'єктів захисту регіонів: населення, ПНО та складових довкілля. Проведено групування регіонів за рівнями загального ризику екологічній безпеці. Результати оцінки продемонстрували, що найнижчий рівень загального ризику екологічній безпеці мають Миколаївська, Кіровоградська та Рівненська області. Сумська, Херсонська, Чернівецька, Житомирська, Одеська, Харківська, Закарпатська характеризуються помірним рівнем ризику екологічній безпеці. Середній

рівень ризику спостерігається у Волинській, Запорізькій, Полтавській, Дніпропетровській областях, де функціонують підприємства металургійної, хімічної промисловості. Донецька область має критичний рівень ризику екологічній безпеці, що пояснюється значною концентрацією ПНО на її території, високою щільністю населення та аномальним рівнем забруднення основних компонентів довкілля.

12. Встановлено вплив негативних факторів природного і техногенного характеру на зниження рівня екологічної безпеки регіонів в умовах зростання загроз і ризиків. Сформульовано й змістовно обґрунтовано методи оцінки рівня техногенного навантаження регіонів України. Проведено групування регіонів України за інтегральним рівнем техногенного навантаження за 5 категоріями ранжирування. Показано, що значний рівень техногенного навантаження мають області східного та Карпатського регіону, АР Крим, в той час як більш помірний рівень спостерігається в областях Полісся та Приморської зони.

13. Розроблено систему індикаторів стану екологічної безпеки регіонів держави з метою обґрунтованої оцінки характеру змін основних загроз екологічній безпеці та визначення пріоритетних напрямків їх нейтралізації. На цій основі розроблено методологію оцінки загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів і проведено їх ранжирування за інтегральним показником безпеки.

14. Проведено ранжирування регіонів України відносно рівня екологічної безпеки. Встановлено, що низькі рівні екологічної безпеки характерні для Дніпропетровської, Луганської, Закарпатської, Кіровоградської, Херсонської, Житомирської, Донецької, Івано-Франківської, Миколаївської областей. Більш сприятлива ситуація стосовно екологічної безпеки спостерігається на Львівщині, в АР Крим, Тернопільській та Одеській областях. Показано, що АР Крим, Одеська, Харківська, Полтавська області відносяться до класу регіонів помірної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаркова Н.В. Регіональний вимір екологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф / Н.В. Агаркова, А.Б. Качинський, А.В. Степаненко. – К. : НІСД, 1996. – Вип. 2. – 76 с.
2. Адаменко О.М. Екологічний аудит територій / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Факел, 2000. – 342 с.
3. Акимов В.А. Методика оценки социально-экономического ущерба в случае аварийных ситуаций на химически опасных объектах / В.А. Акимов, В.М. Кондратьев-Фирсов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 2009. - № 1. - С. 52 – 66.
4. Акимов В. А. Сравнительная оценка безопасности регионов по статистическим данным / В. А. Акимов, Б. В. Потапов, Н. Н. Радаев // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1998. – № 11. – С. 78 – 85.
5. Акимов, В.А. Надежность технических систем и техногенный риск : Учеб. пособ. /. В.А. Акимов, В.Л. Лапин, В.М. Попов и др. – М. : Деловой экспресс, 2002. – 367 с.
6. Актуальні проблеми оцінки ризиків та загроз національній безпеці в контексті євроатлантичної інтеграції України. Науково-інформаційний збірник. Серія «Дослідження і розробки у сфері євроатлантичної інтеграції України». Вип. 9. – К.: ДП «Євроатлантикінформ», 2005. – 224 с.
7. Александров С.М. Риск в экстремальных эколого-геоморфологических ситуациях / С.М. Александров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 1998. – № 7. – С. 14-23.
8. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни / А.П. Альгин – М.: Мысль, 1989. – 213 с.
9. Аналіз стану сфери дорожньо-мостового господарства за 2011 рік [Електронний ресурс] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та

житлово-комунального господарства України. – Режим доступу:
http://minregion.gov.ua/index.php?option=com_k2&view=item&id=1762

10. Андриенко, А. Я. Формирование риска при обеспечении безопасности сложных технических систем / А.Я. Андриенко, Ю.П. Портнов-Соколов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М., 1996. – №12. – С. 11-14.
11. Арнольд В. И. Теория катастроф / Арнольд В. И. – М. : Наука, 1990. – 128 с.
12. Афифи А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
13. Ахтямов А. М. Математика для социологов и экономистов: Учеб. пособие / А. М. Ахтямов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
14. Барлоу, Р.Э., Прошан, Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р.Э. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Наука, 1984. – 327 с.
15. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну / Пер. с нем. В. Седельника и Н.Фёдоровой; Посл. А.Филиппова. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 384 с.
16. Бернштейн П. Против богов: Укрощение риска / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2000. – 400 с.
17. Биченок М. Про екзогенні геологічні загрози для безпеки функціонування залізничного транспорту України / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Геоінформатика. – 2008. – № 1. – С. 72 – 79.
18. Биченок М.М. Метод експертної оцінки загроз інформаційній безпеці держави / М.М. Биченок, С.П. Іванюта // Національна безпека: Український вимір. – К.: ІПНБ, 2010. – № 7 (26). – С. 81–88.
19. Биченок М.М. Про комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності у потенційно небезпечних регіонах / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Екологія і Ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2007. – № 17. – С. 33 – 42.

20. Биченок М.М. Проблеми моніторингу комп'ютерно-телекомунікаційних загроз / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, О.С. Метельська // Національна безпека: Український вимір. – К.: ІПНБ, 2009. – № 5 (24). – С. 51–57.

21. Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О. Про вплив екзогенних геологічних процесів на рівень техногенних ризиків життєдіяльності // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – К.: УкрДГРІ, 2006. – № 1. – С. 85-91.

22. Биченок М.М., Яковлев Є.О., Іванюта С.П. Динаміка змін ризиків життєдіяльності у природно-техногенній сфері // Екологія і Ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2006. – № 14. – С. 23 – 29.

23. Биченок, М.М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев; Ін-т пробл. нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України. – К.: ІПНБ, 2008. – 160 с.

24. Биченок, М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою / М. М. Биченок. – К.: ІПНБ РНБОУ, 2005. – 196 с.

25. Буравльов Є.П. Безпека навколишнього середовища [Текст] : монографія / Є.П. Буравльов. – К. : ІПНБ, 2004. – 320 с.

26. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2000.– 480 с.

27. Вернадский Владимир Иванович. Биосфера и ноосфера / Н.А. Костяшкин (сост.), Е.М. Гончарова (сост.). – М.: Айрис-пресс, 2003. – 575 с.

28. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д.Вишняков, Н.Н.Радаев. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с.

29. Владимиров В.А. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика / В.А. Владимиров, Ю.Л. Воробьев, Г.Г. Малинецкий и др. – М., Наука, 2000. – 431 с.

30. Возжеников А.В. Региональная безопасность: геополитические и геоэкономические аспекты (теория и практика) / А.В. Возжеников, М. А. Выборнов, Н.В. Синеок, М.В. Шекин // Российская академия гос. службы при Президенте Российской Федерации. – М. : Издательство РАГС, 2006. – 260 с.

31. Воробьёв Ю.Л. Управление риском и устойчивое развитие. Человеческое измерение / Ю.Л. Воробьёв, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Махутов // Общественные науки и современность. – М., 2000. – №6. – С. 150-163.

32. Галецький Л. С. Зміна ролі і значення мінерально-сировинного потенціалу України в сучасних умовах [Текст] / Л. С. Галецький, Є. О. Яковлев, Н. М. Чернієнко // Національна безпека: Український вимір. – 2009. – № 4. – С. 32 – 39.

33. Глебов В.Ю. Система критериев для оценки защищенности критически важных объектов Российской Федерации от угроз техногенного, природного характера и террористических проявлений / В.Ю. Глебов, Н.С. Головина // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИННИТИ, 2010. – № 2. – С. 46 – 50.

34. Гомеля, М. Д. Очисні споруди. Основи проектування: навч. посіб. / М. Д. Гомеля [и др.]; Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". - К.: НТУУ "КПІ", 2007. – 170 с.

35. Горбулін В. П. Засади національної безпеки України: підручник для студ. вищих навч. закл. / В.П. Горбулін, А.Б. Качинський // Інститут проблем національної безпеки. – К. : Інтертехнологія, 2009. – 270 с.

36. Горбулін, В. П. Системно-концептуальні засади стратегії національної безпеки України / В. П. Горбулін, А. Б. Качинський. – К. : ДП «Євроатлантикінформ», 2007. – 592 с.

37. Горбулін, В. П. Стратегічне планування: вирішення проблем національної безпеки. Монографія / В. П. Горбулін, А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2010. – 288 с.

38. Данилишин, Б. М. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування / Б. М. Данилишин, А. В. Степаненко, О. М. Ральчук та ін. ; за ред. д. е. н.,

проф., чл.-кор. НАН України Б. М. Данилишина. – К. : Наук. думка, 2008. – Т. 1. – 392 с.

39. Демчишин М.Г., Климчук Л.М., Красноок Л.М. та ін. (гол. ред. Яковлев Є.О.). Інформаційний бюлетень «Регіональні інженерно-геологічні умови території України». – К.: ДІГФ «Геоінформ» Держгеолслужби Мінприроди, 1997. – вип. 1. – 92 с.

40. Державна регіональна політика України: особливості та стратегічні пріоритети: Монографія / за ред. З.С. Варналія. – К.: НІСД, 2007. – 820 с.

41. Державне управління регіональним розвитком України: монографія / за заг. ред. В. Є. Воротіна, Я. А. Жаліла. – К.: НІСД, 2010. – 288 с.

42. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" : наказ Міністерства охорони здоров'я від 15.08.201 № 505. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.moz.gov.ua/ua/portal>

43. Дзекцер Е. Геологическая опасность и риск (методологическое исследование) / Дзекцер Е. // Инж. геология. М., 1992. – № 6. – С. 3–10.

44. Довгий, С.О. Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів: навч.-наук. вид. / С. О. Довгий, П. І. Бідюк, О. М. Трофимчук; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. - Київ : Логос, 2014. – 418 с.

45. Довкілля України у 2014 році / Державна служба статистики України. – К., 2015. – 12 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

46. Довкілля України у 2013 році. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>

47. Дорогунцов С. І. Управління техногенно-екологічною безпекою у парадигмі сталого розвитку: концепція системно-динамічного вирішення / Дорогунцов С. І., Ральчук О. М. – К. : Наук. думка. 2001. – 172 с.

48. Дорогунцов С. Методологічні аспекти оцінки ризику та наслідків технічно небезпечних подій / Дорогунцов С., Федорищева А. // Економіка України. – 1994. – № 2. – С. 30–38.

49. Дуган О.М. Екологія: навч. посібник для дистанц. навчання / О.М. Дуган, Г.О. Статюха // Відкритий міжнародний ун-т розвитку людини "Україна". – Вид. 2-ге, доп. і переробл. – К. : Університет "Україна", 2007. – 214с.

50. Екогеологія України: навчальний посібник / В.М. Шестопапов, М.М. Коржнев, С.А. Вижва та ін. – К. : Видавничо – поліграфічний центр «Київський університет». – 2011. – 671 с.

51. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні / [С. О. Довгий, М. М. Коржнев та ін.]; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інфор. простору. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 316 с.

52. Експрес-випуск «Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел за 2014 рік» / Державна служба статистики України. – К., 2015. – 3 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

53. Експрес-випуск «Поводження з відходами у 2014 році» / Державна служба статистики України. – К., 2015. – 8 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

54. Експрес-випуск «Смертність населення від зовнішніх причин у побуті у 2014 році» / Державна служба статистики України. – К., 2015. – 8 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

55. Елохин А. Н. Методология комплексной оценки природных и техногенных рисков для населения регионов России / А. Н. Елохин и др. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ, 1996. – №11. – С. 36–54.

56. Енергетично-ресурсна складова розвитку України / [С.О. Довгий, М.І.Євдошук, М.М. Коржнев та ін.]; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 264 с., [4]с. кольор. вкл.

57. Закон України "Про екологічний аудит" від 24.06.2004 № 1862-IV / Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 45. – Ст. 500.

58. Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" від

21.04.2011 № 3268-VI / Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 44. – Ст. 457.

59. Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" від 8 червня 2000 р. № 1809-III / Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 40. – Ст. 337.

60. Закон України "Про зону надзвичайної екологічної ситуації" від 13 липня 2000 р. № 1908-III / Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 42. – Ст. 348.

61. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18 січня 2001 р. № 2245-III / Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 15. – Ст. 73.

62. Закон України "Про основи національної безпеки" від 19 червня 2003 р. № 964-IV / Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – Ст. 351.

63. Закон України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI / Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – Ст. 318.

64. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – Ст. 546.

65. Згуровский М.З. Анализ влияния глобальных угроз на устойчивое развитие стран и регионов мира с помощью байесовских сетей доверия / М.З. Згуровский, А.А. Болдак, Т.Н. Померанцева // Кибернетика и систем. анализ. – К., 2010. – № 5. – С. 152–163.

66. Згуровский, М. З. Прикладные методы анализа и управления нелинейными процессами и полями: монография / М. З. Згуровский, В. С. Мельник, А. Н. Новиков; НАН Украины, НТУУ «КПИ», Ін-т приклад. систем. анализа. – К. : Наукова думка, 2004. – 588 с.

67. Згуровський М.З. Основи системного аналізу: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Вид. група ВНУ, 2007. – 543 с.

68. Згуровский, М. З. Основы устойчивого развития общества [Текст] : курс лекций: [в 2 ч.] / М. З. Згуровский, Г. А. Статюха ; [отв. ред. В. Я. Шевчук] ; Нац. техн. ун-т "Киев. политехн. ин-т", Институт прикладного системного аналізу НАН України та МОН України. - К. : НТУУ "КПИ", 2010 . Ч. 1. - 2010. - 463 с.

69. Зинченко В.И. Построение комплексной оценки уровня экологической безопасности региона / В.И. Зинченко, М.Л. Павлов, А.И. Хлытчиев, А.В. Щепкин // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 2003. – Вып.3. – С. 88 - 97.

70. Іванюта С.П. Запровадження сучасних підходів для зниження ризику природних катастроф в Україні // Стратегічні пріоритети. – К.:НІСД, 2016. – №1 (38). – С.110–117.

71. Изменения земных систем в Восточной Европе / Отв. ред. В.И. Лялько. – К.: ПП «Фолиант», 2010. – 582 с.

72. Израэль Ю. Экология и контроль природной среды. / Ю. Израэль. — Л.: Гидро-метеиздат, 1984. — 555 с.

73. Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы): в 2 т. / под ред. Г.И. Рудько, В.А. Осюка. – Черновцы: Букрек, 2012. – Т.1. – 592 с.

74. Іванюта С.П. Аналіз актуальних загроз екологічній безпеці Київської області / С.П. Іванюта // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – Київ-Кременчук, 2011. – Вип. 3. – С. 44–55.

75. Іванюта С.П. Аналіз світових тенденцій прояву комп'ютерно-телекомунікаційних загроз / С.П. Іванюта // Національна безпека: Український вимір. – К.: ІПНБ, 2010. – № 7 (26). – С. 97–100.

76. Іванюта С.П. Використання геоінформаційних технологій для регіональної оцінки геологічних загроз безпеці міжнародних транспортних коридорів в Україні / С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Геоінформатика. – 2010. – № 1. – С. 72 – 78.

77. Іванюта С.П. Геоінформаційна оцінка природно-техногенних загроз регіональній безпеці Івано-Франківської області / С.П. Іванюта // Геоінформатика. – К., 2011. – № 4. – С. 78–84.

78. Іванюта С.П. Геоінформаційний аналіз гідрометеорологічних загроз для безпеки функціонування головних життєзабезпечуючих інженерних систем України / С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Геоінформатика. – 2010. – № 3. – С. 66 – 73.

79. Іванюта С.П. Геоінформаційний аналіз економічного ризику природних і техногенних катастроф в Україні / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2012. – Вип. 10. – С. 45–61.

80. Іванюта С.П. Екзогенні геологічні загрози для безпеки функціонування залізничного транспорту України / С.П. Іванюта // Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища: міжнар. наук.-практ. конф., 12-14 травня 2008 р.: тези допов. – К.:КНУБА, 2008. – С. 93-95.

81. Іванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський // Стратегічні пріоритети. – К.:НІСД, 2013. – №3 (28). – С.157–164.

82. Іванюта С.П. Екологічні, соціальні та економічні наслідки воєнних дій на сході України та шляхи їхнього відновлення // Перспективи відновлення Сходу України на засадах збалансованого розвитку : Матеріали конференції (24-25 вересня 2015 р., м. Слов'янськ). – К., 2015. – С. 76-79.

83. Іванюта С.П. Захист федеральних комп'ютерних мереж США від кібернетичних нападів / С.П. Іванюта // Національна безпека: Український вимір. - К.: ПІНБ, 2009. – № 6 (25). – С. 99–100.

84. Іванюта С.П. Зростання загроз екологічній безпеці у зв'язку з розробкою родовищ солі у Карпатському регіоні // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали другої міжнародної науково-

практичної конференції (5-8 жовтня 2015 р., м. Трускавець). – К.: ДКЗ, 2015. – С. 304 - 309.

85. Іванюта С.П. Комплексний аналіз стану природно-техногенної безпеки Автономної Республіки Крим / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2011. – Вип. 7. – С. 109–127.

86. Іванюта С.П. Оцінка актуальних геологічних загроз для безпеки функціонування ліній електропередач та магістральних газопроводів / С.П. Іванюта // Екологія і Ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2008. – №19. – С. 19 – 31.

87. Іванюта С.П. Оцінка геологічних загроз для безпеки функціонування залізничного транспорту України // Концепція захисту критичної інфраструктури: стан, проблеми та перспективи її впровадження в Україні : зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (7-8 листопада 2013 р., Київ – Вишгород). – К., НІСД, 2014. – С. 121 – 126.

88. Іванюта С.П. Оцінка економічного ризику природних і техногенних надзвичайних ситуацій в Україні / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2012. – Вип. 11. – С. 30–42.

89. Іванюта С.П. Оцінка загроз екологічній безпеці головних життєзабезпечуючих систем з використанням геоінформаційних технологій /С.П. Іванюта // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: ХІ міжнародна науково-практична конференція, 16-21 вересня 2012 р.: збірник наукових праць. – К.:МП «Леся», 2012.– С. 142-148.

90. Іванюта С.П. Оцінка природно-техногенних загроз безпеці Донецької області / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та збалансоване

ресурсокористування: науково-техн. журнал. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. - № 1(5). – С. 49-56.

91. Іванюта С.П. Передумови та необхідність створення національної платформи зниження ризику стихійних лих в Україні // Стратегічні пріоритети. – К.:НІСД, 2014. – №1 (30). – С.158–163.

92. Іванюта С.П. Про аналіз загроз екологічній безпеці регіонів України / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2012. – Вип. 9. – С. 74–86.

93. Іванюта С.П. Про безпеку функціонування мостів на автошляхах України в умовах інженерно-геологічних загроз / С.П. Іванюта // Геоінформатика. – 2009. – № 1 (29). – С. 82 – 90.

94. Іванюта С.П. Про інтегральну оцінку рівня екологічної безпеки регіонів України / С.П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2013. – Вип. 13. – С. 24–34.

95. Іванюта С.П. Про оцінку регіональних загроз від сукупного впливу екзогенних геологічних процесів для систем транспортування / С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Мінеральні ресурси України. – 2008. – № 2. – С. 42 – 47.

96. Іванюта С.П. Регіональна оцінка рівня техногенного навантаження в Україні / С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Вісник Вінницького політехнічного інституту: наук. журн. / Вінн. нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2014. - № 6. – С. 23-30.

97. Іванюта, С. П. Розробка методики оцінки ризику збитків від надзвичайних ситуацій в регіонах України [Текст] / С. П. Іванюта // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 3, № 6 (75). – С. 48–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43070>

98. Іванюта, С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія / С.П. Іванюта, А.Б.

Качинський; Національний інститут стратегічних досліджень. – К.: НІСД, 2012. – 308 с.

99. Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за грудень та 2014 рік. [Електронний ресурс] / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=216923&cat_id=35081

100. Інформація Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/category?cat_id=33493

101. Інформація Міністерства інфраструктури України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/about/general_information

102. Інформація Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://minregion.gov.ua/zhkh/Blahoustri-terytoriy/analiz-stanu-sferi-dorozhno-mostovogo-gospodarstva-za-2013-rik--209444/>

103. Качинський А.Б. Аналіз екологічних і природно-техногенних загроз безпеці Автономної Республіки Крим / А.Б. Качинський, С.П. Іванюта // Стратегічні пріоритети. – К.: НІСД, 2011. – №1 (18). – С. 49–58.

104. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системні принципи та методи її формалізації / А.Б. Качинський, Ю.В. Єгоров // Національна безпека: український вимір. – К. : ІПНБ, 2009. – №4. – С. 71-79.

105. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А.Б. Качинський; за заг. ред. академіка НАН України, д.т.н. В.П. Горбуліна. – К.: ДП НВЦ «Євроатлантикінформ», 2006. – 336 с.

106. Качинський А.Б. Оцінка економічного ризику надзвичайних ситуацій в областях Західного регіону України / А.Б. Качинський, С.П. Іванюта // Регіональна економіка / НАН України, Міністерство економіки України, Інститут регіональних досліджень НАН України. – Л., 2012. – № 2. – С. 64–72.

107. Качинський А.Б., Іванюта С.П. Аналіз екологічних і природно-техногенних загроз безпеці Автономної Республіки Крим /А.Б. Качинський, С.П. Іванюта // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: XI міжнародна науково-практична конференція, 16-21 вересня 2012 р.: збірник наукових праць. – К.:МП «Леся», 2012.– С. 142-148.

108. Качинський, А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А. Б. Качинський. – К. : ІПНБ, НАСБУ, 2004. – 472 с.

109. Качинський, А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращання / А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2001. – 312 с.

110. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологобезпечного використання / Добряк Д.С., Канащ О.П., Бабміндра Д.І., Розумний І.А. – К.: «Урожай», 2009. – 464 с.

111. Ковалевич О.М. Кризис и безопасность в техногенной сфере / О.М. Ковалевич // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 2009. - № 4. - С. 72 - 81.

112. Козлов К. А. Прогностические оценки опасностей субъектов (регионов) РФ. / К. А. Козлов // Управление риском. – М., 2001. – № 6. – С. 41-47.

113. Коммонер Б. Замыкающийся круг: природа, человек, технология / Б. Коммонер – Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 279 с.

114. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М. А. Шахрамьян и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – №12. – С.8–14.

115. Конституція України / Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 30. – Ст. 141.

116. Крисаченко В.С. Людина і біосфера: основи екологічної антропології / В.С. Крисаченко. – К.: Заново, 1998. — 688 с.

117. Критерії екологічної і геолого-економічної оцінки та мінералогія відходів гірничо-металургійного комплексу Кривбасу / С. О. Довгий [та ін.] ;

[наук. ред. М. М. Коржнев]; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. - Київ : Ніка-Центр, 2013.. - 227 с.

118. Кузнецов И.В. К проблеме классификации катастроф: параметризация воздействий и ущерба / И.В. Кузнецов, В.Ф. Писаренко, М.В. Родкин // Геология. – М., 1995. – № 1. – С. 16 – 29.

119. Кузнецов И.В. Методы расчета ущерба от катастроф различного типа / И.В. Кузнецов, В.Ф. Писаренко, М.В. Родкин // Экономика и математические методы. – М., 1997. – Т. 33. – Вып. 4. – С. 39 – 50.

120. Ларсен Р.У. Инженерные расчеты в Microsoft Office Excel / Р.У. Ларсен. - М.: Вильямс., 2004. - 544 с.

121. Лепихин А.Н. Безопасность региона: статистическая оценка и прогноз // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. - № 9. – С. 92-101.

122. Лещинський, О. Л. Економічний ризик та методи його вимірювання / О. Л. Лещинський, О. В. Шкільний.– К. : «Дельта», 2005. – 112 с.

123. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. - К.: Наукова думка, 2008. - 543 с.

124. Лоскутов А. К проблеме прогноза катастроф методами нелинейной динамики и синергетики / Лоскутов Александр // Управление риском. – М., 1999. - № 4. - С. 37 - 40.

125. Маршалл В. Основные опасности химических производств. / В. Маршалл. – М.: Мир, 1989. – 672 с.

126. Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів [Текст] : монографія / І. С. Романченко [та ін.] ; заг. ред. І. С. Романченко [та ін.]. - К. : МО України. ЦНДІ ЗС України, 2009. – 168 с.

127. Махутов Н.А. Обобщенные динамические модели возникновения и развития аварий и катастроф / Н.А.Махутов, В.П. Петров, Р.С. Ахметханов,

Е.Ф. Дубинин, Т.Н. Дворецкая // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИННИТИ, 2010. - № 4. - С. 57-77.

128. Медоуз Д.Х. Пределы роста / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс, Ш. Беренс. – М.: МГУ, 1991. – 206 с.

129. Мережа міжнародних транспортних коридорів на території України. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua/uk/show/transport.html>

130. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень [Текст] : наук.-навч. вид. / Довгий С. О. [та ін.]; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору. - К.: Азимут-Україна, 2011. - 608 с.

131. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA : [монографія] / [Довгий С. О. та ін.] ; під. ред. д-ра фіз.-мат. наук, чл.-кор. НАН України, проф. С. О. Довгого ; Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАН України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "ХАІ". - Київ : Пономаренко Є. В., 2013. – 316 с.

132. Мінерально-сировинний комплекс та сталий розвиток України / [С. О. Довгий, В. В. Іванченко, М. М. Корджнев та ін.]; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2014. – 236 с.

133. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М.: МИР, 1990. – 368 с.

134. Мягков С. М. География природного риска / С.М. Мягков. – М.: Изд. МГУ, 1995. – 224 с.

135. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. / [Лисенко О.І., Ситник Ю.І., Шевченко В.Л. та ін.]; За ред. О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2006. – 424 с.

136. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.

137. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf

138. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html

139. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html>

140. Невелєв О. М. Сталий розвиток регіону: стратегічні напрями та механізми / Невелєв О. М., Данилишин Б. М. – К., 2002. – 128 с.

141. Нестеров В.Л. Влияние предшествующих событий на риски чрезвычайных происшествий / В.Л. Нестеров, В.И. Радченко, Е.А. Русакова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 2009. - №6. - С. 9-16.

142. Овсяник А.И. Управление рисками при чрезвычайных ситуациях и повышение эффективности защитных мероприятий оптимизационными методами распределения ресурсов для минимизации ожидаемого ущерба. /А.И. Овсяник, О.А. Косоруков, О.И. Чурбанов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.:ВИНИТИ, 2002. - Вып. 2. - С. 86 - 94.

143. Овчинников В.В. Методический подход к оценке готовности территорий к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.В. Овчинников, С.В. Стрелко, С.П. Земцов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 2003. -№3. - С.81-88.

144. Одум Г. Энергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – М.: Прогресс, 1978. – 239 с.

145. Одум Ю. Экология: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ./ Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 328 с.

146. Одум Ю. Экология: В 2-х т. Т. 2. Пер. с англ./ Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с.

147. Осипов В.И. Природные катастрофы как глобальные и национальные угрозы / В.И.Осипов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ, 2003. – № 4. – С. 21 – 33.

148. Основи європейської та євроатлантичної інтеграції України: Навчальний посібник / [В.В.Говоруха, В.Г.Бульба, Ю.П.Сурмін та ін.]; За заг. ред. академіка НАН України, д.т.н. В.П.Горбуліна – К.: ДП "НВЦ "Євроатлантикінформ", 2006. – 416 с.

149. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А.Акимов, В.В.Лесных, Н.Н.Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

150. Оцінка регіональних еколого–ресурсних та еколого–техногенних загроз національній безпеці України / Є.О. Яковлєв, Ю.М. Скалецький, С.П. Іванюта, Л.М. Якушенко. – 2–е вид., доп. – К.: НІСД, 2011. – 32 с.

151. Питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів / Волошкіна О.С., Яковлєв Є.О., Удод В.М. – К.: ІПНБ РНБО України, 2007. – 140 с.

152. Порфирьев Б.Н. Совершенствование управления региональной безопасностью в природно-техногенной сфере / Б.Н.Порфирьев // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ. – 2003. – № 2. – С. 132 – 141.

153. Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. № 368 "Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-п>

154. Прангишвили И.В. Системный подход и повышение эффективности управления/ И.В. Прангишвили: Ин-т проблем упр. Им В.А. Трапезникова РАН. – М.: Наука, 2005. – 421 с.

155. Природные опасности России: Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. – 320 с.

156. Про охорону атмосферного повітря : закон України від 16 жовтня 1992 року № 2707-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>

157. Про соціально-економічне становище України за січень–червень 2012 року [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – К., 2012. – 79 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

158. Проекты и риски будущего: Концепции, модели, инструменты, прогнозы / Отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий, С. Ю. Малков. – М.: Красанд, 2011. – 432 с.

159. Прохоров Б.Б. Оценка стоимости статистической жизни и экономического ущерба от потерь здоровья / Б.Б. Прохоров, Д.И. Шмаков // Проблемы прогнозирования. – М., 2002. – № 3. – С.125-135.

160. Растворцев А. Ф. Обеспечение экологической безопасности как элемент национальной стабильности общества-теоретические аспекты / А. Ф. Растворцев, А. М. Благадырёва // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИНИТИ, 2011. - № 2. - С. 81 - 88.

161. Регіони України: [стат. зб., Державна служба статистики України]. – К., 2010. – Ч. 1. – 367 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

162. Реймерс Н. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. / Н. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. — 367 с.

163. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / [С.О. Довгий, В.М. Шестопапов, М.М. Коржнів та ін.]; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Наукова думка, 2007. – 327 с.

164. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике / В. А. Акимов., В. В. Лесных, Н. Н. Радаев; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2004. — 352 с.

165. Рішення Ради національної безпеки і оборони України "Про стан функціонування єдиної державної системи запобігання та реагування на

надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру" від 16 травня 2008 року / Офіц. вісн. України. – 2008. – № 48. – Ст. 1554.

166. Рудько Г.И., Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). – К.: «Задруга», 2006. – 623 с.

167. Рудько Г.И., Осиюк В.А. Инженерная геодинамика Западной Украины и Молдовы. - К.: Изд. «Маклаут», 2007. -807 с.

168. Северцев, Н.А. Системный анализ теории безопасности / Н.А. Северцев, А.В. Бецков. - М. : Изд-во МГУ "ТЕИС", 2009. – 452 с.

169. Система індикаторів сталого розвитку регіонів України та оцінювання сучасного стану їх збалансованості / В.П. Кухар, П.М. Черінько, Л.Г. Руденко [та ін.] // Екологія і природокористування. - 2011. – № 4. – С. 7-25.

170. Система оцінок зовнішніх і внутрішніх ризиків та загроз національній безпеці України. Науково-інформаційний збірник. Серія «Дослідження і розробки у сфері євроатлантичної інтеграції України». Вип. 16. – К.: ДП «Євроатлантикінформ», 2005. – 232 с.

171. Ситник Г.П. Державне управління національною безпекою / Г.П. Ситник. – К.: Вид-во НАДУ, 2004. – 408 с.

172. Статистичний збірник «Україна – 2011» [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – К., 2012. – 27 с. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

173. Трофимчук А.Н. Надежность систем сооружение-грунтовое основание в сложных инженерно-геологических условиях / А.Н. Трофимчук, В.Г. Черный, Г.И. Черный. – К.: Поліграфконсалтинг, 2006.- 244 с.

174. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/publish/article?art_id=246581344&cat_id=223223535

175. Удод В.М., Трофімович В.В., Волошкіна О.С., Трофімчук О.М. Техноекологія [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. М. Удод [та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. - К. , 2007. - 195 с.

176. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року "Про Стратегію національної безпеки України". [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/287/2015/paran7#n7>.

177. Фаддеев А.О. Модель оценки регионального геоэкологического риска / А.О. Фаддеев // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.:ВИННИТИ, 2009. - № 1. - С. 43 - 51.

178. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения [Текст] : в 2 т. / В. Феллер, Пер. с англ. - М. : Мир. Т.1. - 1984. - 527 с.

179. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

180. Фурасов В. Динамика развития природных и техногенных чрезвычайных ситуаций / В. Фурасов, Е. Пастухова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М., ВИННИТИ, 1999. — №9. — С. 46-57.

181. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Хенли Э. Дж., Кумамото Х.; под ред. В. С. Сыромятникова. - М.: Машиностроение, 1984. – 526 с.

182. Химинець В.В. Інституційні основи сталого розвитку Карпатського регіону в контексті синьої економіки // Сталий розвиток економіки. – К., 2013. - №3. – С. 161-165.

183. Хэмблин, Ричард. Величайшие природные катастрофы / Ричард Хэмблин; [пер. с англ. Ю.В.Миронова]. - Москва : Эксмо, 2011. - 300 с.

184. Цікало О. В. Аналіз досвіду країн ЄС у сфері запобігання негативним наслідкам стихійних лих / О. В. Цікало, С. П. Іванюта // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН

України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2014. - Вип. 14. - С. 69-79.

185. Цілі Розвитку Тисячоліття: Україна – 2010. Національна доповідь [Електронний ресурс]. – К., 2010. – 110 с. – Режим доступу : <http://www.undp.org.ua>

186. Шахрамьян М. А. Оценка природной и техногенной безопасности России / М. А. Шахрамьян, В. А. Акимов, К. А. Козлов – М.: Деловой экспресс, 2006. – 218 с.

187. Шевчук В. Я. Екологічне управління: Підручник / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. – 432 с.

188. Юрченко А.Д. Сучасна земельна політика України / А.Д. Юрченко, Л.Д. Греков, А.М. Мірошніченко, А.В. Кузьмін – К.: Інтертехнологія, 2009. – 260 с.

189. Яковлев Є.О, Іванюта С.П. Оцінка ризиків і соціально-економічних збитків в умовах прояву екзогенних геологічних процесів // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – К.: УкрДГРІ, 2008. - № 2. – С. 147-158.

190. Яковлев Є.О. Географічні особливості прояву техногенних і природних геологічних небезпек в Україні та їх геоінформаційні оцінки / Є.О. Яковлев, С.П. Іванюта, Л.М. Якушенко // Просторовий аналіз техногенних і природних ризиків в Україні: міжнародна науково-практична конференція, 12-14 листопада 2009 р.: збірник наукових праць. – К.: НАНУ, 2009. – С. 91-96.

191. Яковлев Є.О. Геоінформаційний аналіз загроз небезпечних екзогенних геологічних процесів на функціонування міжнародних транспортних коридорів / Є.О. Яковлев, С.П. Іванюта // Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти: міжнародна науково-практична конференція, 14-17 травня 2012 р.: тези доповідей. – К.: ВАГ, 2012.– С. 45–51.

192. Яковлев Є.О. Оцінка ризиків і соціально-економічних збитків в умовах прояву екзогенних геологічних процесів / Є.О. Яковлев, С.П. Іванюта //

Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – К.: УкрДГРІ, 2008. – № 2. – С. 147–158.

193. Яковлєв Є.О. Просторово-часовий розвиток підтоплення земель у містах та селищах міського типу України як головний фактор техногенезу їх геологічного середовища / Є.О. Яковлєв, С.П. Іванюта // Національна безпека: Український вимір. – К.: ПНБ, 2008. – № 1. – С. 112–118.

194. Яценко Л. Д. Обґрунтування індикаторів стану екологічної безпеки України / Л.Д. Яценко, С.П. Іванюта // Стратегічні пріоритети. – К.: НІСД, 2013. – №1 (26). – С.134–138.

195. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні / Яцик А.В. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.

196. Aon Corporation (2007). Enterprise Risk Management: Practical Implementation. Aon Global Risk Consulting, Aon Corporation.

197. Aven, T. and Steen, R (2010). The concept of ignorance in a risk assessment and risk management context. Reliability Engineering and System Safety, 95: 1117-1122.

198. Bowden, R. (2004). Building confidence in geological models. In: Curtis A and Wood (Eds.). Geological prior information: informing science and engineering. London, UK: Geological Society, Special Publications, 239: 157-173.

199. 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Revealing Risk, Redefining Development [Електронний ресурс]. – United Nations 2011. – Режим доступу: www.preventionweb.net/gar

200. Birkland, T. A. 2006. Lessons from Disaster: Policy Change after Catastrophic Events. Washington, DC: Georgetown University Press.

201. Calow, P. (1998). Handbook of Environmental Risk Assessment and Management, Oxford, UK, Blackwell Science Publications.

202. Cao, Q., Yu, Q. and Connell, D. W. (2011) Health risk characterisation for environmental pollutants with a new concept of overall risk probability. Journal of Hazardous Materials, 187: 480-487.

203. Commission of the European Communities (2009a), A Community approach on the prevention of natural and man-made disasters. COM (2009) 82 final, 23 February 2009.

204. Cooper, D. F., Grey, S. Raymond, G. (2005) Project risk management guidelines: managing risk in large projects and Complex Procurements. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.

205. Crawford-Brown, Douglas J. Mathematical methods of environmental risk modeling / by Douglas J. Crawford-Brown. - Springer-Science and Business Media, B.V., 2001. - 203 p.

206. Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. – Official Journal L 26, 28.1.2012. – P. 1–21.

207.DETR (Department of Environment, Transport and Regions) and EA (Environment Agency) (2000). Guidelines for Environmental Risk Assessment and Management, London, UK: The Stationary Office.

208.Environmental Performance Index 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://epi.yale.edu/>

209. Euratom: Commission Decision of 29 July 2010 amending Decision 2004/277/EC, Euratom as regards rules for the implementation of Council Decision 2007/779/EC, Euratom establishing a Community civil protection mechanism (notified under document C(2010) 5090). – Official Journal L 236, 7.9.2010. – P. 5–17.

210. European Parliament legislative resolution of 25 April 2007 on the Council common position with a view to the adoption of a directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks. – Official Journal C 74E , 20.3.2008. – P. 525–525.

211.EUROSTAT: Environmental Pressure indicators for the EU [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/status-of-marine-fish-stocks/eurostat-environmental-pressure-indicators-for>

212. Freudenberg (2003): Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment. STI Working Paper 2003/16. Paris.

213. Global Risks Report. (2014). [online]. Available from: <<http://www.reports.weforum.org/global-risks-2014/>>.

214. Hart, A., Gosling, J. P., Boobis, A., Coggon, D., Craig, P. and Jones, D. (2010). Development of a framework for evaluation and expression of uncertainties in hazard and risk assessment. Final report of Food Standards Agency Project Number T01056.

215. Huysmans, M., Madarász, T., and Dassargues, A. (2006). Risk assessment of groundwater pollution using sensitivity analysis and a worst-case scenario analysis. *Environmental Geology*, 50(2): 180-193.

216. Intergovernmental Panel on Climate Change “Climate Change 2007; The Physical Science Basis: Summary for Policymakers”. Geneva, 2007.

217. Ishimaru T. Risk assessment of drinking water in a reservoir contaminated by PAH's originated from road traffic / Takashi Ishimaru, Hiroo Inouye, Tohru Morioka // *Science of The Total Environment*. - Volume 93, 1990. - Pages 125–130.

218. Ian Lerche, Prof. Walter Glaesser. *Environmental Risk Assessment. Quantitative Measures, Anthropogenic Influences, Human Impact*. - Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. - 341 p.

219. Ivanyuta, S.P., Yakovlev, Y.O. Actual ecological and resource problems for the treatment of persistent organic pollutants // *Proceedings of the 12th International HCH and Pesticides Forum*, 6-8 November, 2013, Kiev, Ukraine. – IHPA, 2015. – P. 320 – 325. – ISBN NR: 978-87-991210-0-7.

220. Ivanyuta, Sergiy. Assessment of threats from exogenous geological processes to safety of international transport corridors in Ukraine [Text] / S. P. Ivanyuta // *Science & Military Journal*. – 2015. – Vol. 1, Issue 1. – P. 39-42. ISSN 1336-8885

221. Ivanyuta, Sergiy. Estimation of flood damage in urban areas of Ukraine. [Text] / S. P. Ivanyuta // *EUREKA: Physics and Engineering*. – 2016. – Vol. 1 (2), Issue 1. – P. 31-37. ISSN 2461-4254

222. Ivanyuta, Sergiy. Analysis of natural and man-made threats for regional security in Ukraine. [Text] / S. P. Ivanyuta // EUREKA: Physics and Engineering. – 2016. – Vol. 3 (4), Number 3. – P. 46-55.

223. Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, T. P. and Linkov, I. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1: 95-108.

224. Linkov, I., Satterstrom, F. K., Kiker, G., Batchelor, C., Bridges, T. and Ferguson, E. (2006). From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications. *Environment International*, 32(8): 1072-1093.

225. Marcomini, A., Suter, G. W. and Critto, A. (2010). *Decision Support Systems for Risk-Based Management Contaminated Sites*. Berlin: Springer.

226. Millennium Development Goals Report Card: Measuring Progress Across Countries / ODI Publications, 111 Westminster Bridge Road, London SE1 7JD, UK. – Режим доступа: <http://www.un.org/millenniumgoals/reports.shtml>

227. Morgan M.G., and Henrion M. *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*— Cambridge University Press, Cambridge, 1990. — 344 p.

228. National Human Development Report 2011. Ukraine: Towards Social Inclusion / United Nation Development Programme, 2011. – ISBN 978-966-2153-61-3. – 124 p.

229. National Report of Ukraine on harmonization of society's activity in natural environment. Special publication on the occasion of the 5th Pan-European Ministerial Conference "Environment for Europe", Kyiv, 2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.menr.gov.ua/media/files/13_english.pdf

230. Nick Bostrom, Milan M. Cirkovic. *Global Catastrophic Risks*. – Oxford University Press, United Kingdom, 2011. – 576 p.

231. OECD (2011). *The OECD Environmental Risk Assessment Toolkit: Steps in Environmental Risk Assessment and Available OECD Products*. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Available st:

http://www.oecd.org/document/46/0,3746,en_2649_34373_44915438_1_1_1_1,00.html

232. OECD Key Environmental Indicators. Available at: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>

233. Regulation (EU) No 691/2011 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2011 on European environmental economic accounts Text with EEA relevance. – Official Journal L 192, 22.7.2011. – P. 1–16.

234. System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>

235. Tam, C., Tong, T. and Chiu, G. (2006). Comparing non-structural fuzzy decision support system and analytical hierarchy process in decision-making for construction problems. *European Journal of Operational Research*, 174: 1317–1324.

236. The Legacy of Svante Arrhenius: Understanding the Greenhouse Effect / Edited by Henning Rodhe and Robert Charlson. – Stockholm, 1998. – 276 p.

237. The World Bank. World Development Report 2011: conflict, security, and development [Internet]. Washington, DC: The World Bank; 2011. – Available from: <http://wdr2011.worldbank.org>

238. UNDP (United Nations Development Programme). 2008. Watkins, K. Human Development Report – Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World, 2007/8.

239. UNISDR (2007) Words into Action: A Guide for Implementing the Hyogo Framework, United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), Geneva, Switzerland, Available at: http://www.preventionweb.net/files/594_10382.pdf

240. US EPA (1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment (EPA/630/R-95/002F), Washington DC, USA, US Environmental Protection Agency.

241. Van der Sluijs, J. P., Craye, M., Funtowicz, S. O., Klopogge, P., Ravetz, J. R. and Risbey, J. S. (2005) Combining quantitative and qualitative measures of uncertainty in model based environmental assessment: the NUSAP system Risk Analysis, 25: 481–92.

242. World Bank. 2010. Natural hazards, unnatural disasters: The economics of effective prevention. Washington: World Bank and United Nations; Gupta, M. 2011.
243. World Development Report 2010. Development and Climate Change. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
244. Sornette D., Maillart T., Kroger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems / Risk Center, Zurich, 2013. 134 pp.
245. May R. and McLean A. Theoretical Ecology. Principles and Applications / Oxford University Press Inc., New York. 2007. 268 pp.
246. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology. Second English edition / Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1998. 853 pp.
247. Gillman, M. An introduction to mathematical models in ecology and evolution: time and space / A John Wiley & Sons, Ltd., 2nd ed. 2009. 167 pp.
248. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. 320 с.
249. Авдин В. В. Математическое моделирование экосистем: Учебное пособие / Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2004. 80 с.
250. Острейковский В. А. Математическое моделирование техногенного риска от эксплуатации нефтегазового оборудования // Вестник кибернетики. 2012. № 11. С. 71-75.
251. Bieda B. Stochastic Analysis in Production Process and Ecology Under Uncertainty / Berlin, New York: Springer, 2012. 189 pp.
252. Hayes K. R. Uncertainty and Uncertainty Analysis Methods. Final report for the Australian Centre of Excellence for Risk Analysis (ACERA) / CSIRO Division of Mathematics, Informatics and Statistics, Hobart, Australia. 2011. 130 pp.
253. Dutt L. S., Kurian M. Handling of Uncertainty A Survey // International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 1, 2013. Pp. 1-4.

254. Plattner Th., Plapp T. and Hebel B. Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 471-483, 2006.

255. Vose D. Risk analysis: a quantitative guide / John Wiley & Sons, Ltd. 3rd ed. Chichester, 2008. 729 pp.

256. Van Hauwermeiren M., Vose D. and Vanden B Bossche S. A Compendium of Distributions (second edition). 2012. [ebook].

257. Pastorok R. et al. Role of Ecological Modeling in Risk Assessment // Human and Ecological Risk Assessment: Vol. 9, No. 4, 2003. Pp. 939-972.

258. Sprenger J. Environmental Risk Analysis: Robustness is Essential for Precaution // Philosophy of Science, 79 (5). 2012. Pp. 881-892.

259. Suter II G.W. Ecological Risk Assessment in the United States Environmental Protection Agency: A Historical Overview // Integrated Environmental Assessment and Management. - 2008. Volume 4, Number 3. Pp. 285-289.

260. Fox D. R. and Burgman M. Ecological risk assessment / In Melnick, E. and Everitt, B. (eds), Encyclopedia of Quantitative Risk Assessment and Analysis. Pp 1600-1603. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK. 2008.

261. Pollard S. J. T. Ecological and public health risks: analysis and management / UNESCO Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). 2002. Pp. 219-235.

262. Guidelines for Ecological Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency. EPA/630/R-95/002F. 1998. <http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/ECOTXTBX.PDF>.

263. Rak A. et al. A guide to screening level ecological risk assessment / TSERAWG TG-090801. 2008. 26 pp.

264. Guidance for Assessing Ecological Risks Posed by Chemicals: Screening Level Ecological Risk Assessment. HWB Guidance Document. Revision 2.0 / New Mexico Environment Department Hazardous Waste Bureau. 2008. 116 pp.

265. Хохлов Н. В. Управление риском / М.: 2001. – 239 с.

266. Яковлев В. В. Экологическая безопасность, оценка риска / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, СПб.: 2007. – 399 с.

267. Bowen C. Taming the Leviathan A New Approach to Risk for the Military Leader. 2012. <http://ssrn.com/abstract=2182321>.

268. Ваганов П. А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: учеб. пособие. Изд-е 2-е. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.

269. Шмаль А. Г. Факторы экологической опасности и экологические риски / Издательство: МП «ИКЦ БНТВ», 2010 г. – 192 с.

270. Nel D. C., et al. Ecological Risk Assessment: A Tool for Implementing an Ecosystem Approach for Southern African Fisheries / WWF South Africa Report Series. 2007. 225 pp.

271. Verdonck F. A. M. et al. Probabilistic ecological risk assessment framework for chemical substances / Proceedings International Conference on Integrated Assessment and Decision Support (iEMSs2002, Lugano, Italy, June 24-27, Vol. 1, 2002. P. 144-149.

272. Ширкин Л. А., Трифонова Т. А. Техногенные системы и экологический риск : учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 79 с.

273. Экологическая безопасность. Экологический риск / Пособие по специальности 011600 «Биология», 511100 «Экология и природопользование». Воронеж, 2003. – 32 с.

274. Environmental Health Risk Assessment - Guidelines for assessing human health risks from environmental hazards / Environmental Health Committee (enHealth), Canberra. 2012. 131 pp. URL: <http://www.health.gov.au>.

275. Shoaf I. K. et al. Hazard Risk Assessment Instrument / UCLA Center for Public Health and Disasters. 2006. 89 pp.

276. Martin B., Pearson A., Bauer B. An Ecological Risk Assessment of Wind Energy Development in Montana / The Nature Conservancy Helena, Montana. 2009. 57 pp.

277. Schleier III J., Sharlene E. Sing S. and Peterson R. Regional ecological risk assessment for the introduction of *Gambusia affinis* (western mosquitofish) into Montana watersheds // *Biol Invasions*. 2008. 10. Pp. 1277-1287.

278. Guidance for Ecological Risk Assessment: Levels I, II, III, IV. Final / Oregon Department of Environmental Quality. 1998. 88 pp.

279. Fairman R. et al. Environmental Risk Assessment - Approaches, Experiences and Information Sources: Environmental issues report No 4. / Prepared at Monitoring and Assessment Research Centre, King's College, London. EEA (European Environment Agency) Copenhagen, Denmark. 1999-2011. URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-EN-C2/riskindex.html>

280. ГОСТ Р 14.09-2005 Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента / М.: Стандартинформ, 2010. – 41 с.

281. Guidance for Conducting Ecological Risk Assessments / State of Ohio Environmental Protection Agency Division of Environmental Response and Revitalization. Lazarus Government Center. - Columbus, 2008. 130 pp.

282. Ecological Risk Assessment Guidance. Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP) / Azimuth Consulting Group Inc., Vancouver. 2012. 215 pp.

283. Guidelines on Risk Assessments and Safety Statements / The Health and Safety Authority. 2006, Dublin. 38 pp.

284. Pollard S., Purchase D. and Herbert S. A Practical Guide to Environmental Risk Assessment for Waste Management Facilities. Guidance Note 25. Version: 2 / National Centre for Risk Analysis and Options Appraisal, Environment Agency. London. 2000. 80 pp.

285. O'Brien G. and Wepener V. Regional-scale risk assessment methodology using the Relative Risk Model (RRM) for surface freshwater aquatic ecosystems in South Africa // *Water SA*. Vol. 38, No. 2. 2012. Pp. 153-165.

286. Munns W.R. and Jr. Mitro M.G. Assessing risks to populations at Superfund and RCRA sites characterizing effects on populations / EPA/600/R-06/038. ERASC-006. 2006. 88 pp.

287. Woodbury P. and Weinstein D. Review of Methods for Developing Regional Probabilistic Risk Assessments, Part 2: Modeling Invasive Plant, Insect, and Pathogen Species. In: Pye J.M., Rauscher H.M, Sands Y., Lee D.C., Beatty J.S. Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-802. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations. 708 p. 2 vol. 2010. - Pp. 521-538.

288. Molak V. (ed.). Fundamentals of risk analysis and risk management / CRC Press, Inc. Boca Raton, New York, London, Tokyo. 1997. 451 pp.

289. Dale V., Meyer J. Advice to EPA on Advancing the Science and Application of Ecological Risk Assessment in Environmental Decision Making: A Report of the U.S. EPA Science Advisory Board / U.S. Environmental Protection Agency, Office of the Administrator, Science Advisory Board, 2007. 163 pp.

290. Janssen C. Putting ecological realism in environmental risk assessment // Report on 14th Annual CEFIC-LRI Workshop «Evolution or Revolution - Research priorities for future risk assessment». Brussels, 14-15 November 2012.

291. Suter II, Glenn W., Munns, Wayne R. and Sekizawa. Types of Integration in Risk Assessment and Management, And Why They Are Needed // Human and Ecological Risk Assessment, 2003, 9:1. Pp. 273-279.

292. Checkai R.T. et al. Selection of Assessment and Measurement Endpoints for Ecological Risk Assessment // U.S. Army biological technical assistance group. Report # SFIM-AEC-ER- TR-2002018. 2002. 9 pp.

293. Addressing the New Challenges for Risk Assessment / SCENIHR, SCCS, SCHER. European Commission: Directorate D: Public Health Systems and Products. 2012. 154 pp.

294. Review of current practices of environmental risk assessment within EFSA. Technical report/ European Food Safety Authority. 2011. 39 pp.

295. Методические рекомендации по разработке и подготовке к принятию проектов технических регламентов / М.: Минэнерго РФ, 2006. – 204 с.

296. Frank C., et al. Managing risk in USAF force planning / RAND Corporation, United States Air Force under Contract FA7014-06-C-0001. 2009. 15 pp. <http://www.rand.org>.

297. Xu L. et al. Nonlinear effect of climate on plague during the third pandemic in China // PNAS. 2011. 6 pp. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1019486108.

298. Zhou Y. et al. A New Approach to Ecological Risk Assessment: Simulating Effects of Global Warming on Complex Ecological Networks // Unifying Themes in Complex Systems. 2011. Pp. 342-350.

299. Dessai S. and Sluijs J. van der. Uncertainty and Climate Change Adaptation - a Scoping Study / Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science Technology and Society. Report NWS-E-2007-198. Utrecht. 2007. 97 pp.

300. Abaza H., Bisset R., Sadler B. Environmental impact assessment and strategic environmental assessment: towards an integrated approach / United Nations Environment Programme, Geneva. - 2004. 263 pp.

301. Arama M. et al. Advantages of new ecological impact and risk assessment models // U. P. B. Sci. Bull. Series D, Vol. 72, Iss.3, 2010. Pp. 213-222.

302. Yager R., Kacprzyk J. and Fedrizzi M. Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence / Wiley, 1994. 608 pp.

303. Improvement of Risk Assessment in View of the Needs of Risk Managers and Policy Makers / SCENIHR, SCCS, SCHER. European Commission: Directorate D: Public Health Systems and Products. 2012. 75 pp.

304. Benson S. Mainstreaming Disaster Risk Reduction into Development: Challenges and Experience in the Philippines / Geneva, Provention Consortium. 2009. 60 pp.

305. A Risk Management Standard / AIRMIC, ALARM, IRM: 2002. 14 p.

306. Slimak M. W., Dietz T. Personal Values, Beliefs, and Ecological Risk Perception // Risk Analysis, Vol. 26, No. 6, 2006. Pp. 1689-1705.

307. Dunlap R. E. The New Environmental Paradigm Scale: From Marginality to Worldwide Use // The Journal of Environmental Education. Volume 40, Issue 1, 2008. Pp. 3-18.

308. Yakovlev Y.A. The geological aspects of environmental systems monitoring the geological medium of Ukraine. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Europe. Technical Report 21, 1995. – P. 184–191.

309. Yakovlev, E.O., Ivanyuta, S.P. Geoinformation Analysis of Regional Threats of Dangerous Exogenous Geological Processes on Functioning of International Transport Corridors // Proceedings of the 11th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2012, Kiev, Ukraine, 14 - 17 May 2012. – EAGE: Curran Associates, 2014. – P. 31 – 35. – ISBN: 978-1-63266-993-3. DOI: 10.3997/2214-4609.201402893

310. Yakovlev, E.O., Ivanyuta, S.P., Yakushenko, L.M. The Use of GIS Technology in Assessing Environmental Threats Extracting Shale Gas // Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2013, Kiev, Ukraine, 13 - 16 May 2013. – EAGE: Curran Associates, 2014. – P. 44 – 47. – ISBN: 978-1-62993-771-7. DOI: 10.3997/2214-4609.20142387

Додаток А



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО
ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

вул.Чоколівський бульвар, 13, м.Київ, 03186, тел/факс (044) 245-88-38, тел. 245-87-97

E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

З.П.Р. 16 № 16.01.21.11.16-1
На № _____ від _____

Акт

про впровадження результатів наукового дослідження

Акт складено про те, що висновки і положення дисертації Іванюти Сергія Петровича, поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека в частині розробки наукових основ оцінки ризиків і загроз екологічній безпеці держави, були використані в матеріалах науково-дослідної роботи «Дослідження асиміляційного потенціалу поверхневих вод, геологічного середовища та приземної атмосфери в умовах техногенезу», що виконувалася відповідно до планів Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України на 2014-2016 рр.

Наукові розробки Іванюти С.П. щодо оцінки актуальних загроз екологічній безпеці держави застосовано при визначенні характеру впливу природних і техногенних загроз на стан основних компонентів захисту регіонів держави, що включають населення, господарські об'єкти та компоненти довкілля (геологічне середовище, річкові басейни).

Практичне відпрацювання розроблених в дисертаційному дослідженні Іванюти С.П. методів дозволило визначити траєкторію зміни функції безпеки довкілля в часі для основних об'єктів захисту регіонів України. Результати оцінки засвідчили, що найбільш захищеними об'єктами в західних регіонах держави є населення та довкілля, що обумовлено зниженими техногенними змінами. Натомість у східних регіонах держави, що характеризуються високим

рівнем техногенезу та використання природних ресурсів, найменш захищеними є господарські об'єкти та населення.

Використання розробленої в дисертації методики оцінки рівня техногенного навантаження регіонів України з урахуванням щільності об'єктів критичної інфраструктури дозволило провести еколого-техногенне ранжирування регіонів України та встановити, що на геопросторовий розподіл техногенного навантаження регіонів переважаючий вплив генерують магістральні залізничні шляхи, шляхово-мостові комплекси, міжнародні транспортні коридори та магістральні електромережі.

Розроблені в дисертаційній роботі Іванюти С.П. нові методи оцінки рівнів екологічної безпеки забезпечують можливість здійснювати порівняльний аналіз стану екологічної безпеки регіонів України, науково обґрунтовувати прийнятний рівень ризику для кожного з них, ефективніше розподіляти між регіонами обмежені ресурси захисту для попередження та відвертання негативних наслідків надзвичайних ситуацій різного походження, можливих на території України.

**В.о. директора Інституту,
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., професор**



О. М. ТРОФИМЧУК



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
СТРАТЕГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

вул. Пирогова, 7-а, м. Київ, 01030, Україна
тел. (044) 234-50-07, факс (044) 234-41-03

**NATIONAL INSTITUTE
FOR STRATEGIC STUDIES**

7 A Pyrohova St., Kyiv 01030, Ukraine
tel. (044) 234-50-07, fax (044) 234-41-03

04.11.2016 № 293/1017

Акт

про впровадження результатів наукових досліджень Іванюти Сергія Петровича

Акт складено про те, що висновки і положення, обґрунтовані в дисертаційному дослідженні Іванюти Сергія Петровича, поданого на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека щодо розробки наукових основ оцінки ризиків екологічній безпеці держави, використані в інформаційно-аналітичних матеріалах, що виконувалися відповідно до планів науково-дослідних робіт Національного інституту стратегічних досліджень, зокрема:

- “Політичні аспекти проблем природокористування в Україні” (реєстраційний номер НДР – 0111U001564, 2011 р.);
- “Актуальні проблеми державної політики у сфері екологічної та техногенної безпеки в Україні та шляхи їх вирішення” (реєстраційний номер НДР – 0112U000848, 2012 р.);
- “Стратегічні пріоритети формування державної політики сталого розвитку: екологічні й природно-техногенні аспекти” (реєстраційний номер НДР – 0113U001155, 2013 р.);
- “Проблеми формування і реалізації державної екологічної політики в Україні: регіональний вимір” (реєстраційний номер НДР – 0114U003206, 2014 р.);
- “Вплив глобалізаційних процесів на функціонування енергетики України” (реєстраційний номер НДР – 0115U003483, 2015 р.).

Наукові розробки Іванюти С.П. щодо оцінки актуальних загроз екологічній безпеці держави та визначення пріоритетів державної політики у сфері забезпечення екологічної та техногенної безпеки використано при підготовці Аналітичної доповіді до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України в 2016 році».

Наукові положення дисертаційного дослідження Іванюти С.П. щодо аналізу основних факторів формування ризиків природного і техногенного походження в зоні військового конфлікту на Сході України використано в аналітичній записці «Причини та ризики виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на території АТО» (вих. № 293/488 від 16.05.2016 р.), надісланий до Адміністрації Президента України, Ради національної безпеки і оборони України.

Наукові розробки Іванюти С.П. щодо оцінки впливу наслідків змін клімату на стан екологічної безпеки держави використано в аналітичній записці «Адаптація до змін клімату в Україні: проблеми і перспективи» (вих. № 293/429 від 21.04.2016 р.), надісланий до Адміністрації Президента України, Ради національної безпеки і оборони України.

Результати дисертаційного дослідження Іванюти С.П. стосовно аналізу проблемних питань функціонування системи моніторингу довкілля та визначення актуальних напрямів поліпшення взаємодії суб'єктів моніторингу, їх завдань і основних принципів організації використано в аналітичній записці «Створення ефективної системи моніторингу довкілля в Україні: проблеми і шляхи їх вирішення» (вих. № 293/109 від 6.11.2015 р.), надісланий до Адміністрації Президента України, Ради національної безпеки і оборони України, Кабінету Міністрів України, Міністерства екології та природних ресурсів України.

Наукові положення дисертації Іванюти С.П. щодо оцінок актуальних загроз на солерудниках Карпатського регіону та визначення пріоритетних напрямків запобігання розвитку надзвичайних ситуацій транскордонного рівня використано в аналітичній записці «Транскордонні надзвичайні ситуації на солерудниках Карпатського регіону (м. Калуш, смт Солотвино) та шляхи їх запобігання» (вих. № 293/623 від 22.06.2015 р.), надісланий до Адміністрації Президента України, Ради національної безпеки і оборони України.

Директор Інституту,
академік НАН України



В. П. ГОРБУН



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ
(УкрНДІЦЗ)**

вул. Рибальська, 18, м. Київ, 01011
код ЄДРПОУ 37814631

тел./факс: (+380 44) 280 18 01
тел.: (+380 44) 280 89 84; 280 33 03

e-mail: undicz@mns.gov.ua
www.undicz.mns.gov.ua

16.08.2016 № 78 -

На № _____ від _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший заступник начальника
УкрНДІЦЗ

О.М. Євдін

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Іванюти Сергія Петровича

Розроблені Іванютою С.П. методи оцінки загроз від індивідуального та спільного впливу активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на безпеку об'єктів критичної транспортної інфраструктури регіонів України практично використано при оцінках ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. На цій основі визначено просторову уразливість магістральних газопроводів, залізничних шляхів, електромереж, міжнародних транспортних коридорів, що перебувають в зонах регіонального прояву інженерно-геологічних загроз.

Розроблені Іванютою С.П. програмні засоби для оцінки загроз безпеці об'єктів критичної транспортної інфраструктури з використанням технологій геоінформаційних систем використано при створенні баз даних електронних карт прояву актуальних загроз інженерно-геологічного походження та їх впливу на безпеку експлуатації магістральних залізничних шляхів і

газопроводів в регіонах України. Створені програмні додатки забезпечують виконання послідовності дій оператора з оцінки загроз безпеці критичної транспортної інфраструктури: вибору адміністративної області для дослідження, вибору об'єкта критичної транспортної інфраструктури, вибору небезпечного екзогенного геологічного процесу, виводу результатів оцінки.

Результати досліджень Іванюти С.П. щодо оцінки загроз і ризиків екологічній безпеці регіонів України використовувалися при підготовці Національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки України 2013-2014 рр. та в Заключному звіті з НДР «Провести дослідження з обґрунтування комп'ютерних моделей та програмно-апаратного комплексу для оцінювання ризиків та загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури із застосуванням геоінформаційних технологій («МОДЕЛЬ ГЕОІНФОРМ РИЗИК НС»).

Аналіз апробації результатів дисертаційного дослідження Іванюти С.П. в частині оцінки рівня безпеки регіонів держави засвідчив, що їх подальше використання і впровадження в підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій буде сприяти збільшенню обґрунтованості оцінок екологічного та ресурсного потенціалу регіонів держави і дозволить відчутно підвищити рівень безпеки особи, господарських об'єктів і довкілля в умовах надзвичайних ситуацій різного походження, можливих на території України.

Провідний науковий співробітник відділу
моделювання надзвичайних ситуацій УкрНДІЦЗ
кандидат технічних наук

 С.В. Валуйський

Науковий співробітник відділу
моделювання надзвичайних ситуацій УкрНДІЦЗ
кандидат військових наук
старший науковий співробітник

 В.В. Троцько



**МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА
УПРАВЛІННЯ**

03035, м. Київ-35, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, тел. (044) 206-31-31, т./ф. (044) 206-31-87

№ 69 від «23» березня 2016 р.

АКТ

про впровадження результатів наукових досліджень

Іванюти Сергія Петровича

Фахівцями Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України у порядку дослідного впровадження при аналізі екологічного та ресурсного потенціалу регіонів України був використаний новий метод оцінки рівня безпеки регіонів держави для основних складових їхнього захисту: населення, господарських об'єктів і довкілля.

Практичне використання методу для оцінки безпеки адміністративних областей України дозволило забезпечити:

- підвищення обґрунтованості оцінок екологічного та ресурсного потенціалу регіонів України;
- можливість ранжирування адміністративних областей за рівнем безпеки основних об'єктів захисту.

Розглянутий метод оцінки рівнів безпеки надає можливість здійснювати порівняльний аналіз стану екологічної безпеки регіонів України, науково обґрунтовувати прийнятний рівень ризику для кожної з них, ефективніше розподіляти наявні кошти для попередження та відвертання негативних наслідків надзвичайних ситуацій різного походження між регіонами.

Аналіз апробації результатів дисертаційного дослідження Іванюти С.П. в частині оцінки безпеки регіонів держави засвідчив, що їх подальше використання при обґрунтуванні регіональних і державних цільових екологічних програм в підрозділах Міністерства екології та природних ресурсів

України буде сприяти збільшенню обґрунтованості оцінок екологічного та ресурсного потенціалу регіонів держави та удосконаленню механізмів збалансованого регіонального розвитку.

**Ректор Державної екологічної академії
післядипломної освіти та управління
Міністерства екології та природних
ресурсів України,**

член – кореспондент НААНУ,

д.б.н., професор



Бондар О.І.

Додаток Б

Електронні карти оцінки актуальних геологічних загроз безпеці експлуатації магістральних газопроводів в регіонах України

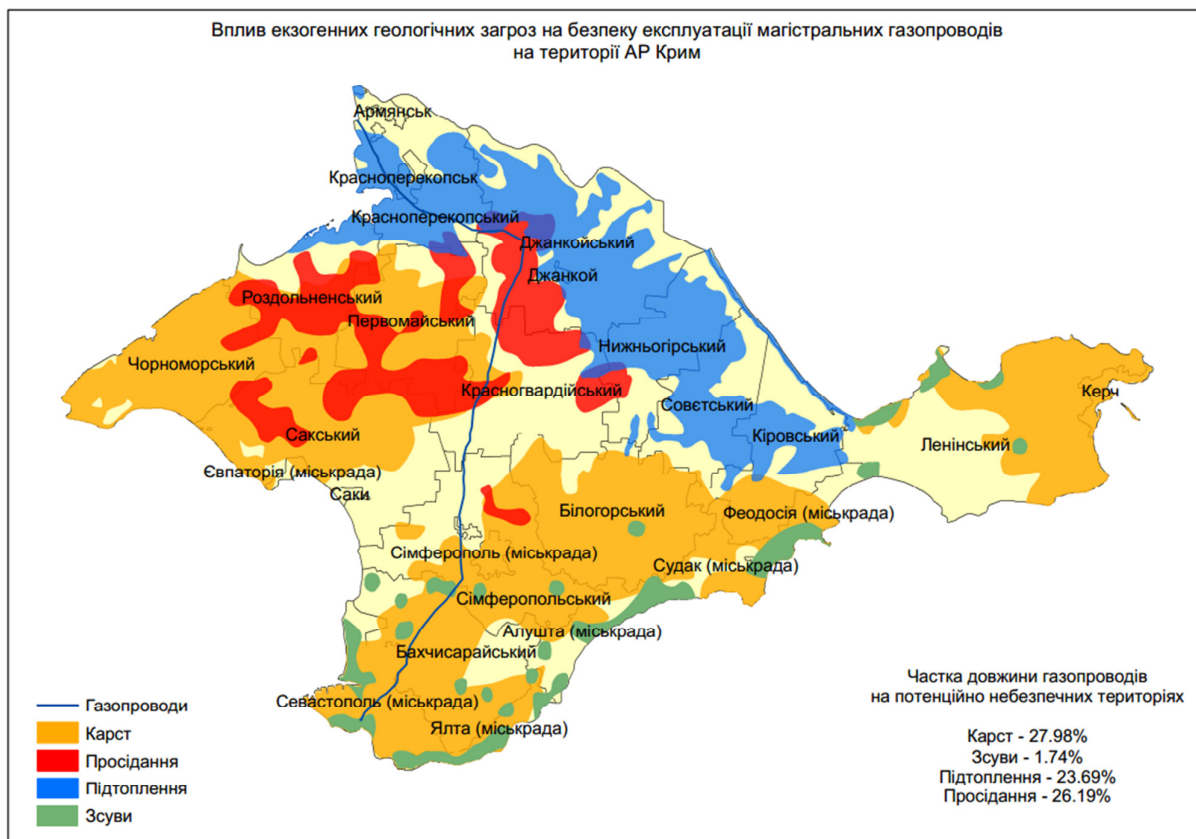


Рис. Б.1. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів в АР Крим

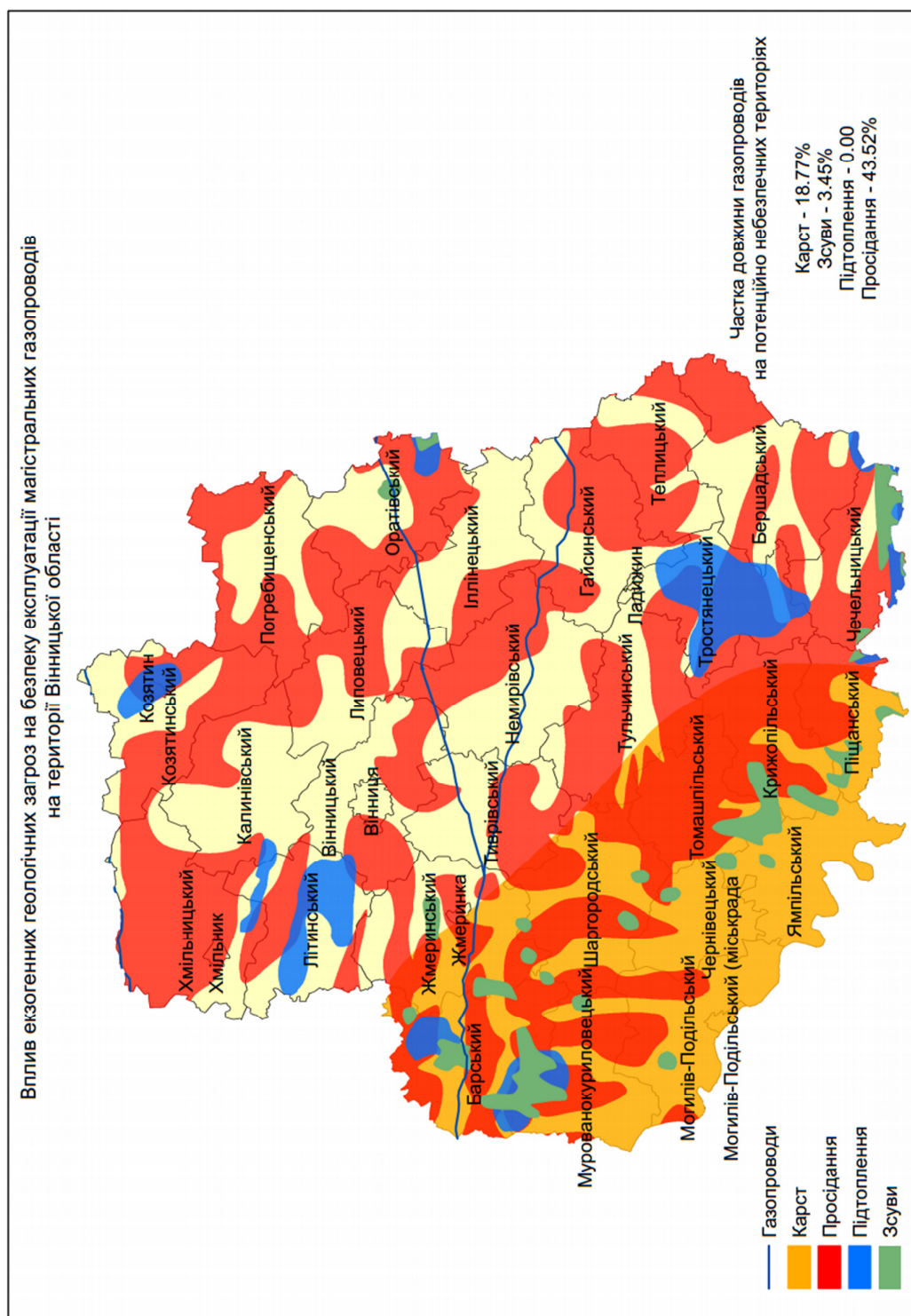


Рис. Б.2. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Вінницькій області

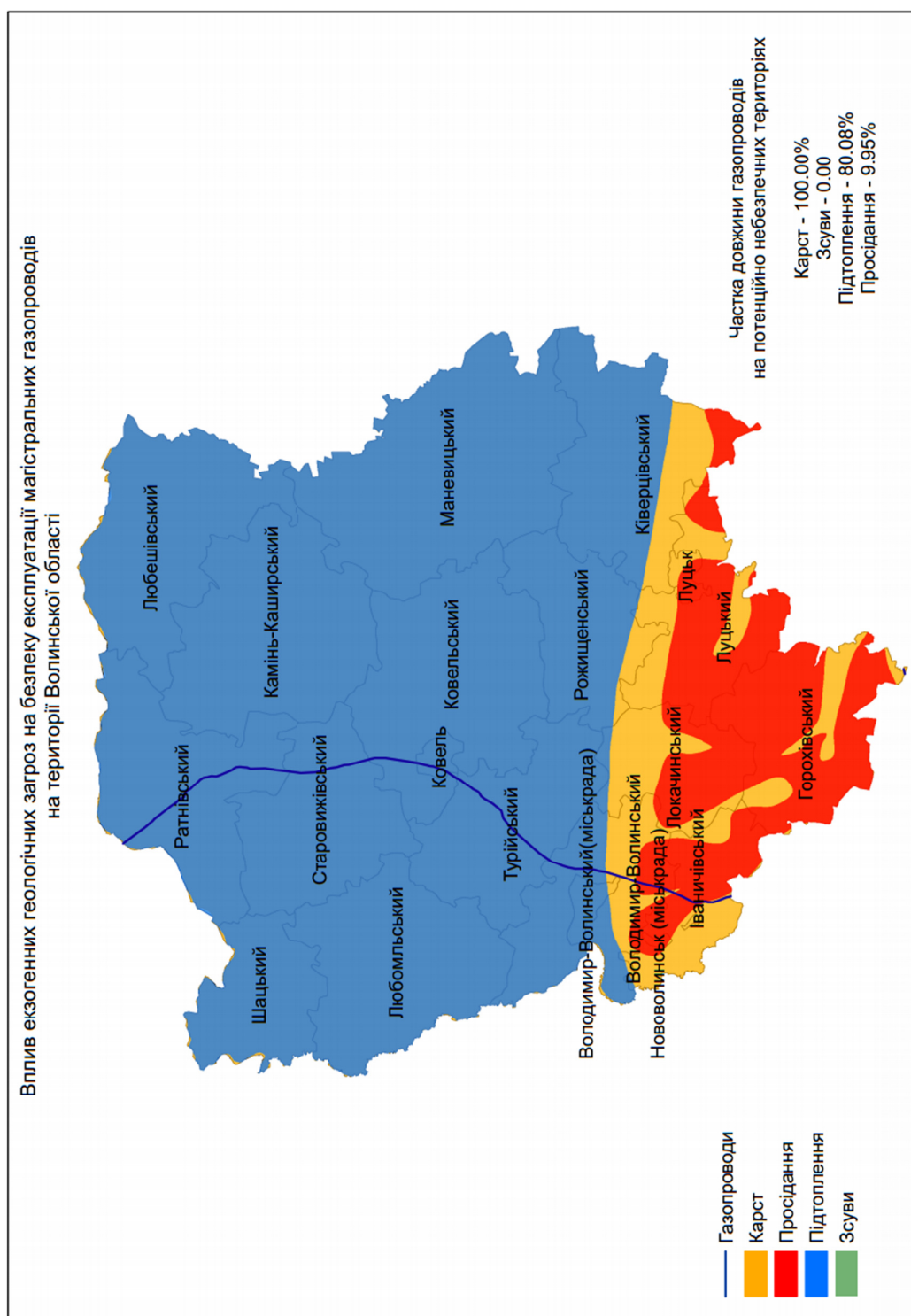


Рис. Б.3. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Волинській області

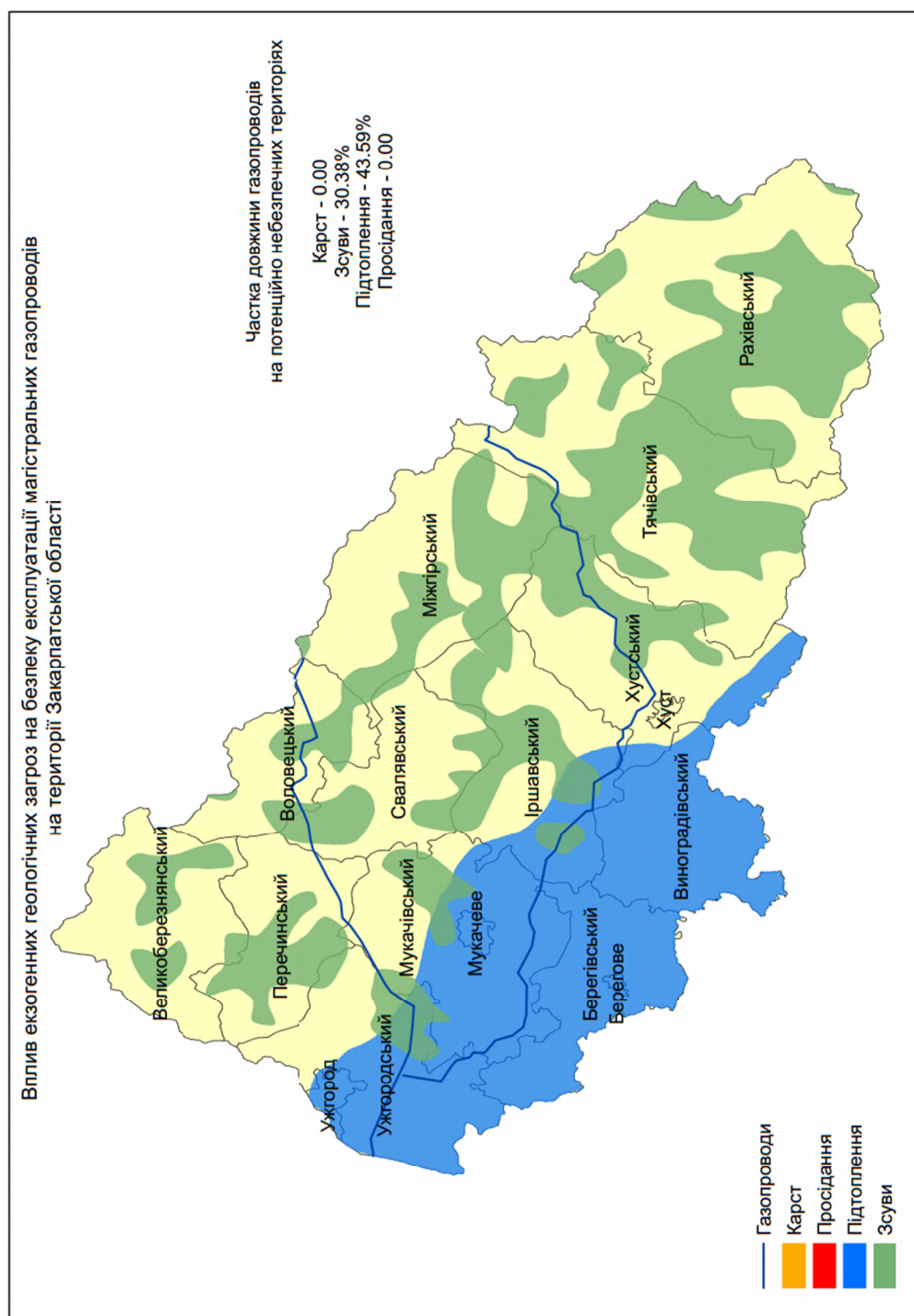


Рис. Б.4. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Закарпатській області

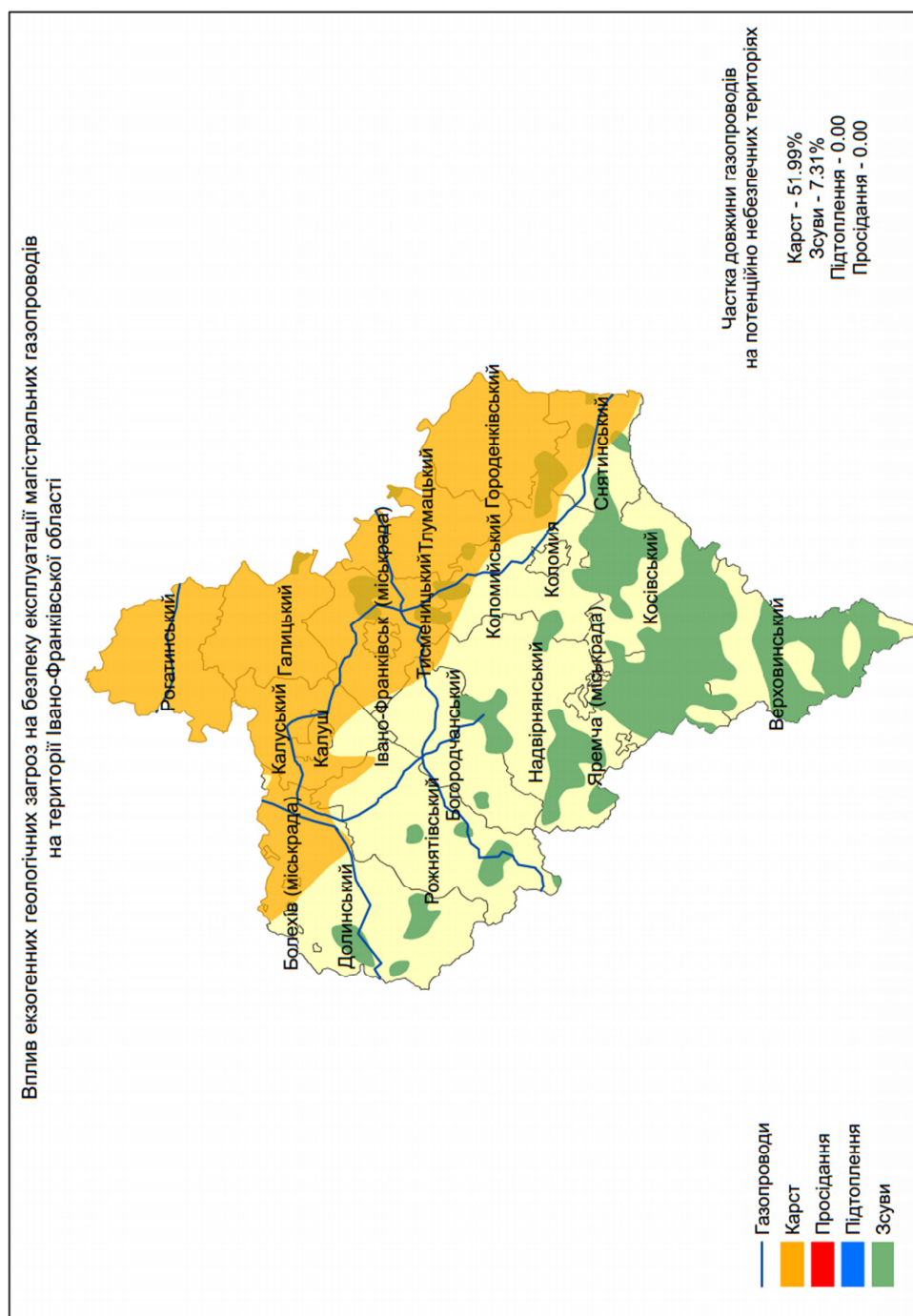


Рис. Б.5. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Івано-Франківській області

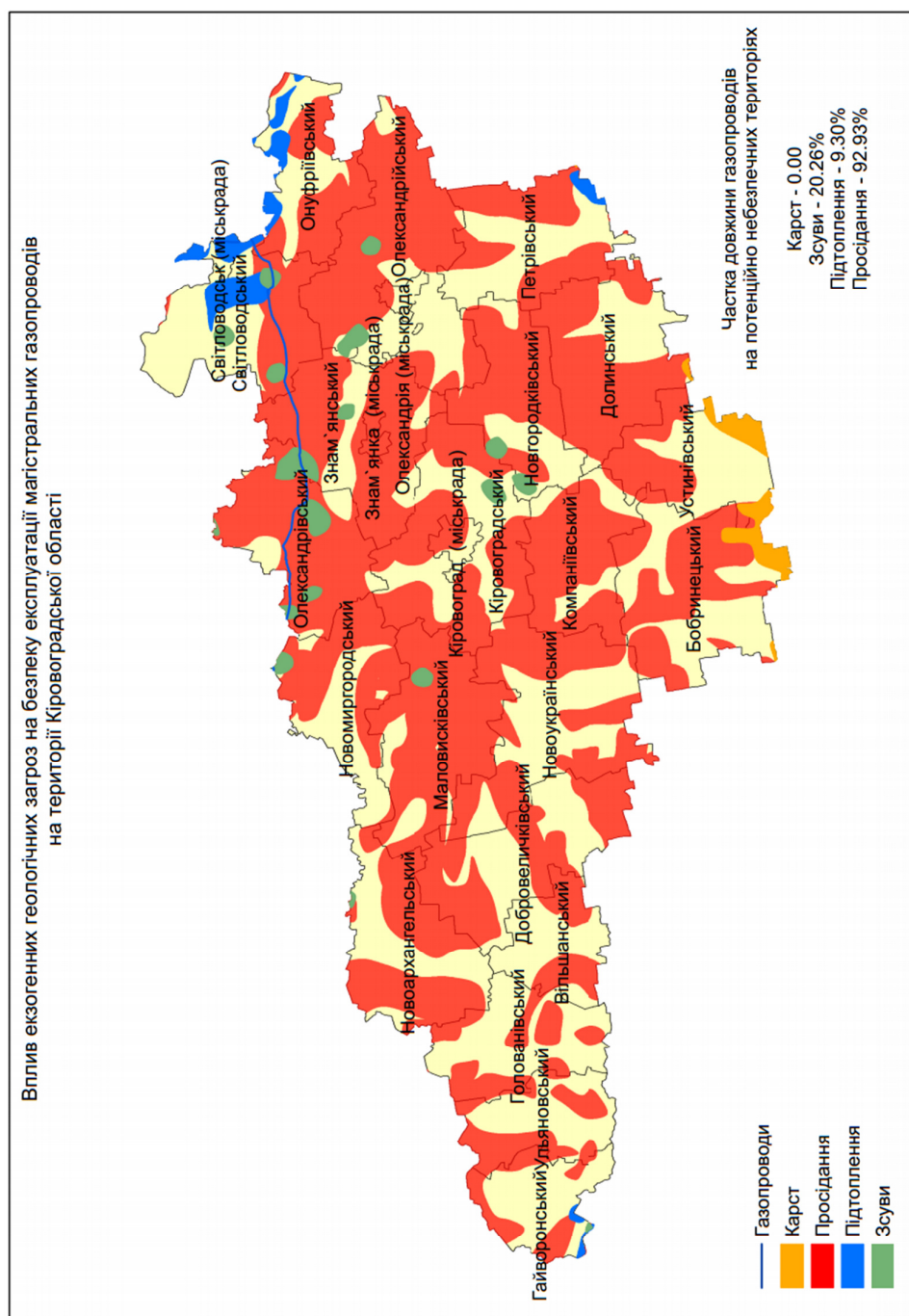


Рис. Б.7. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Кіровоградській області

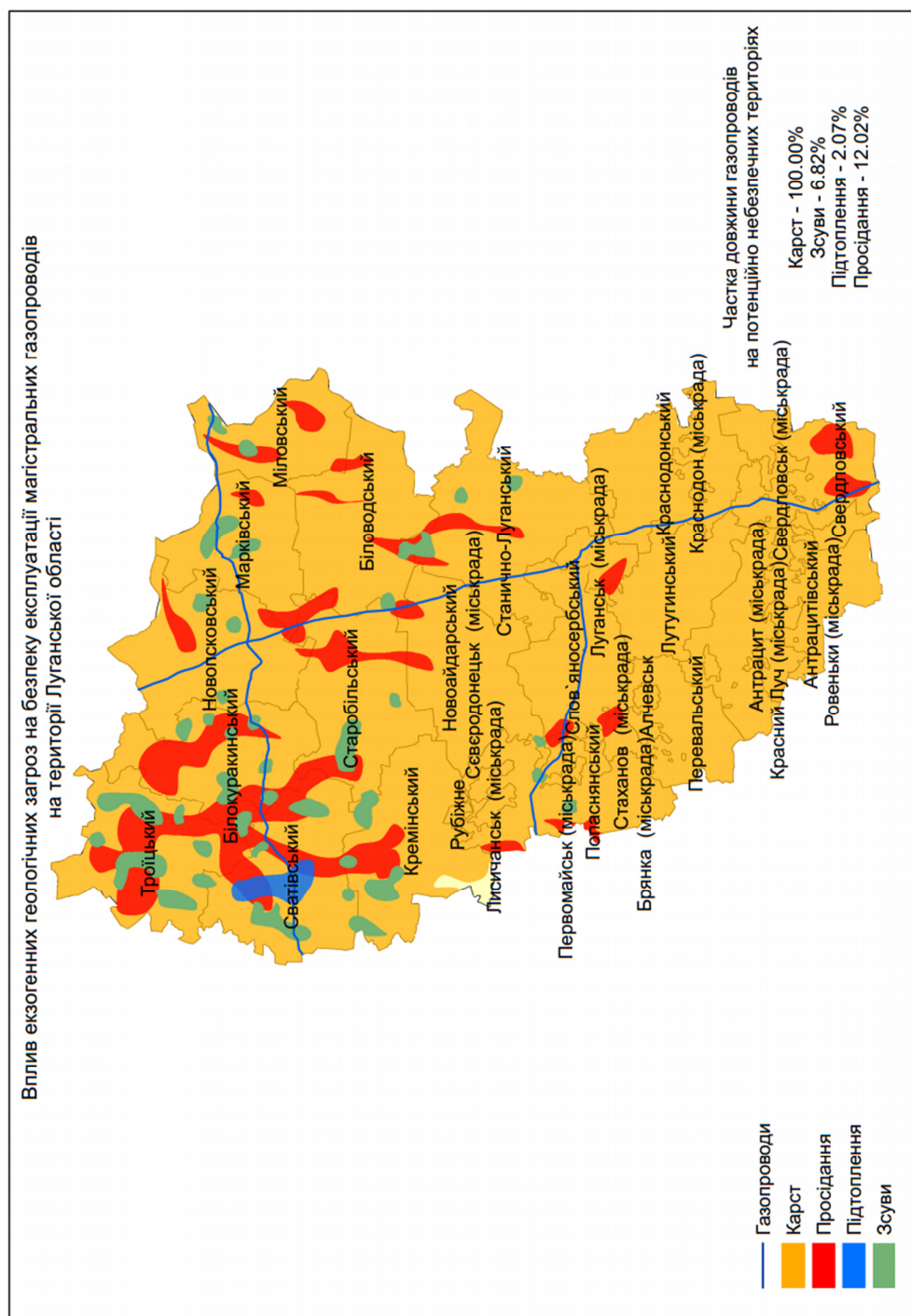


Рис. Б.8. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Луганській області

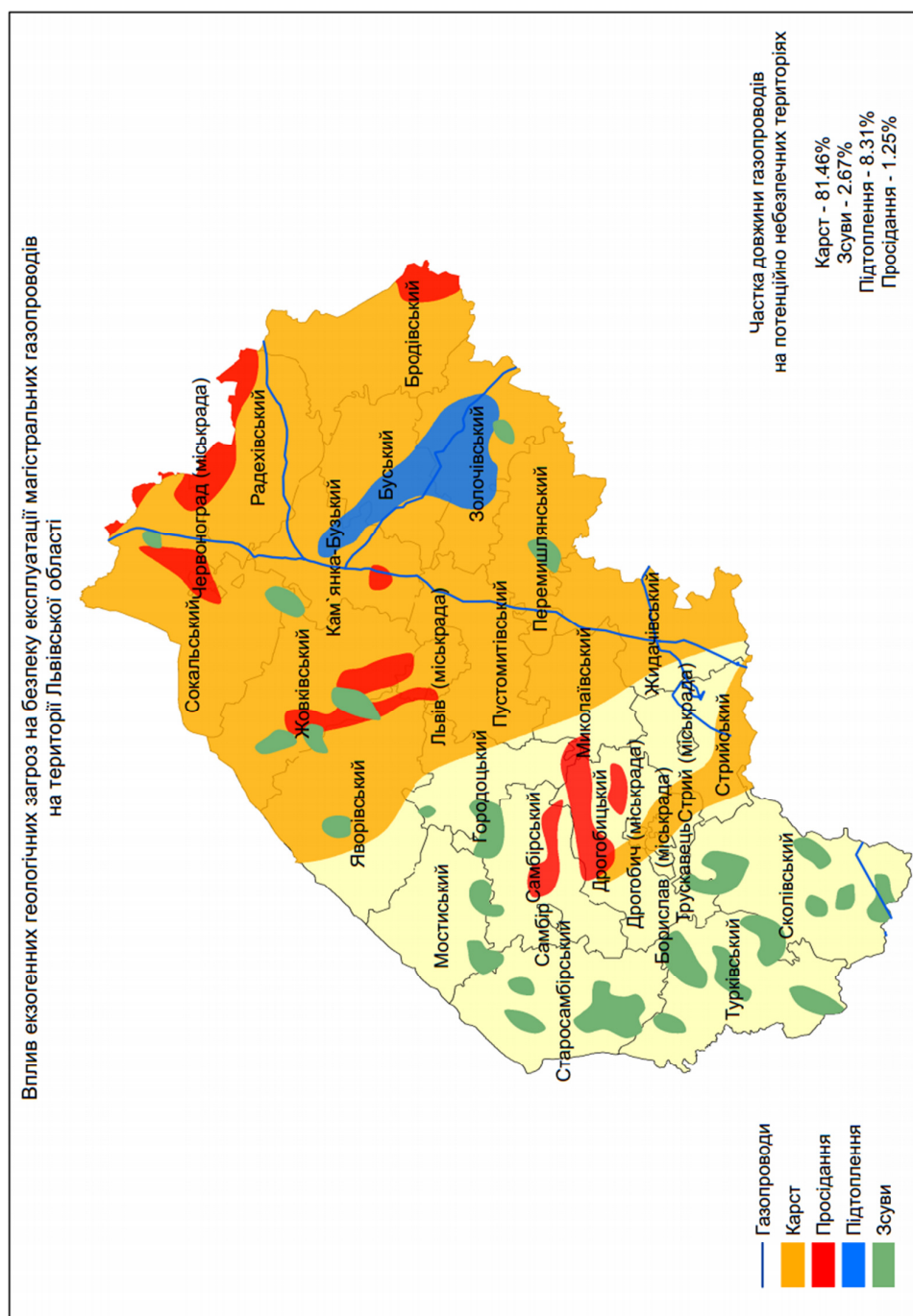


Рис. Б.9. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Львівській області

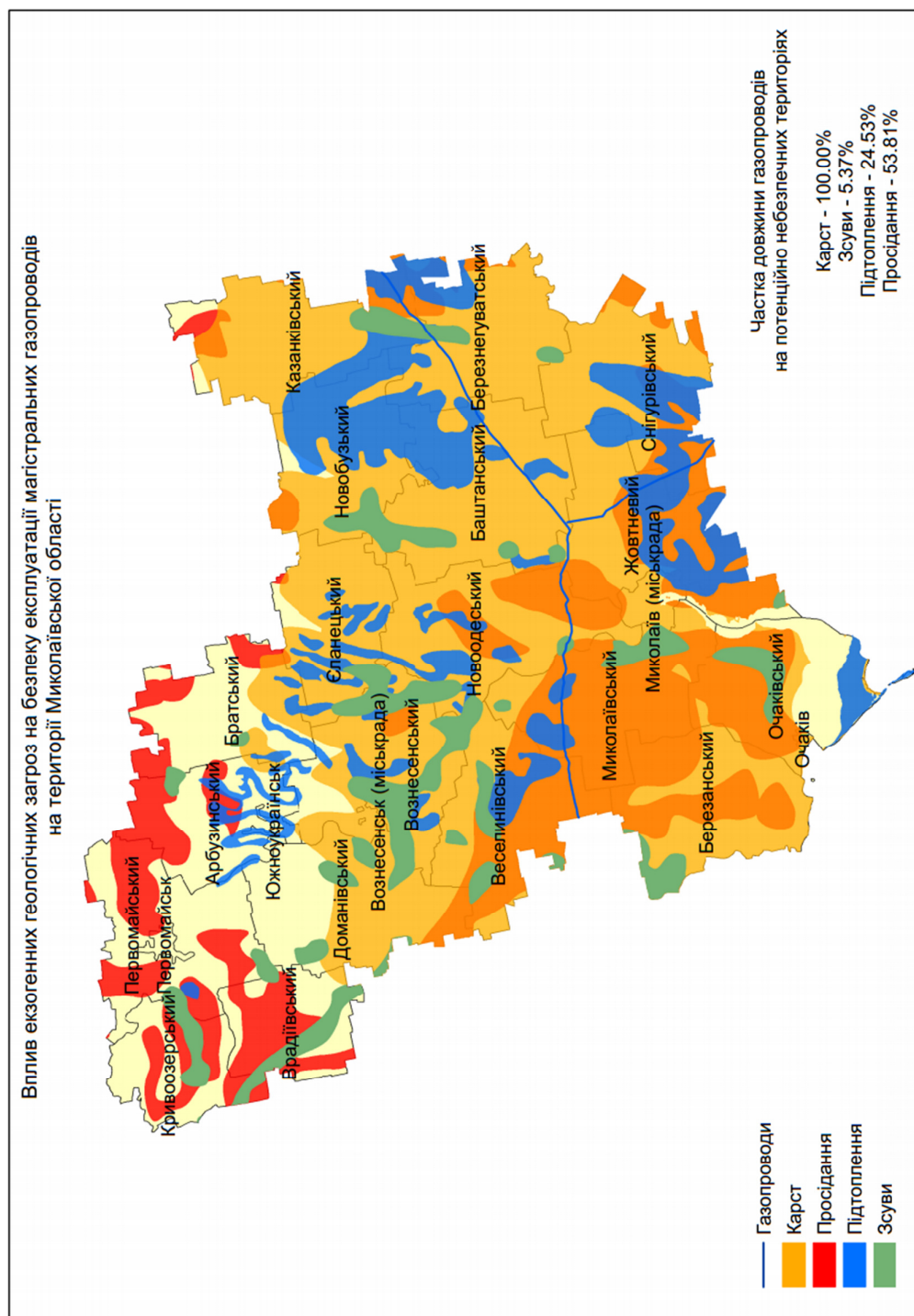


Рис. Б.10. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Миколаївській області

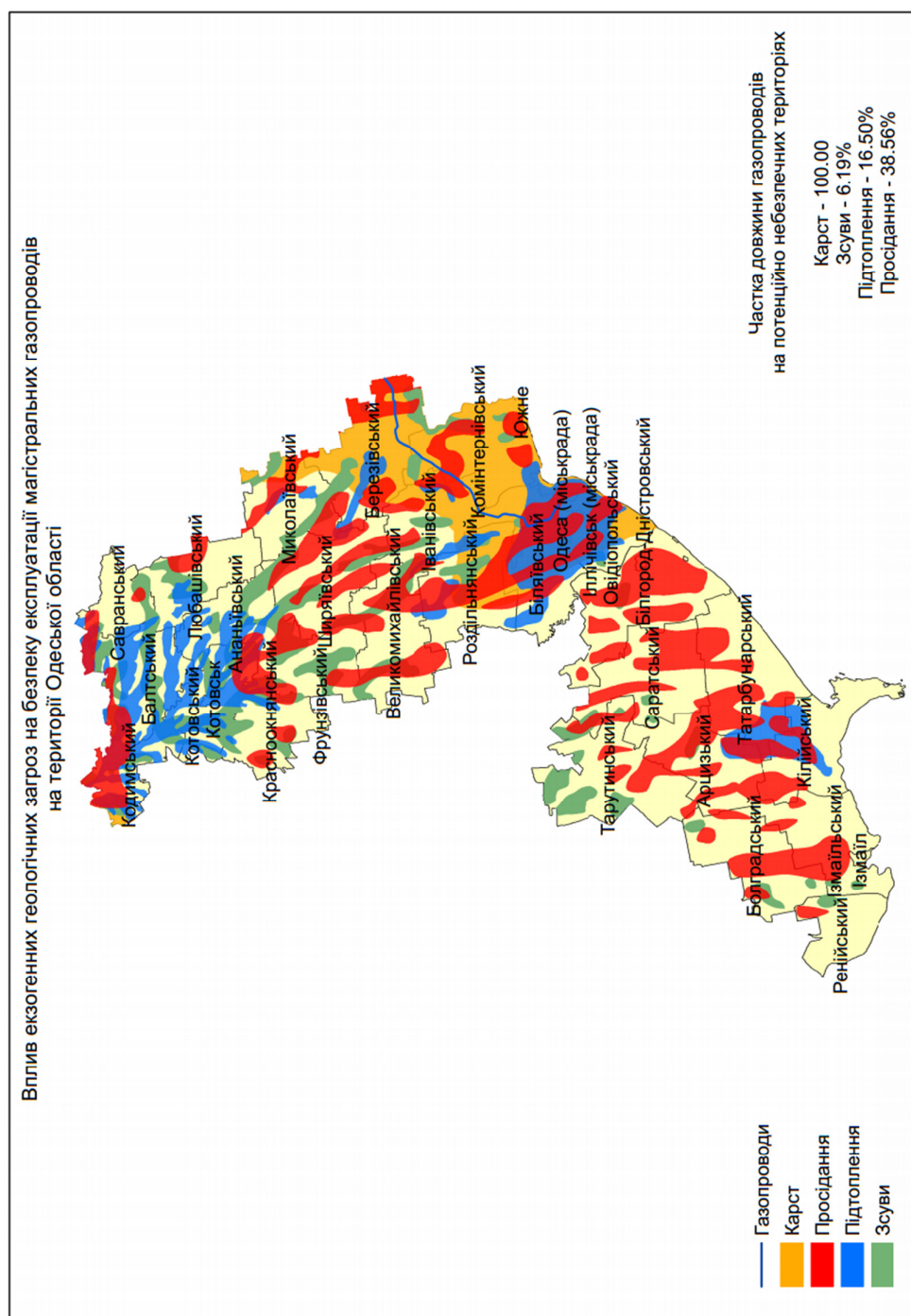


Рис. Б.11. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів в Одеській області

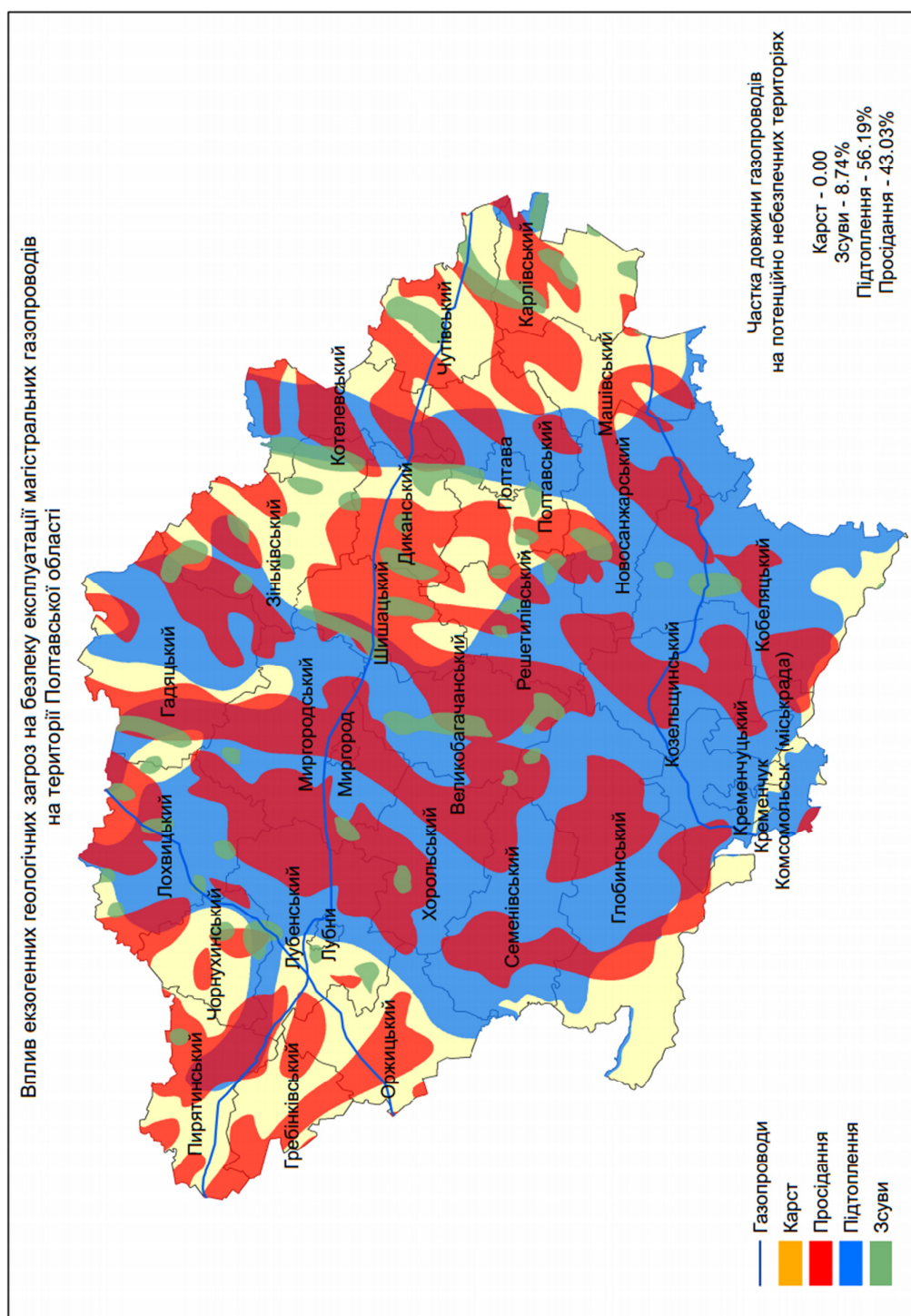


Рис. Б.12. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Полтавській області

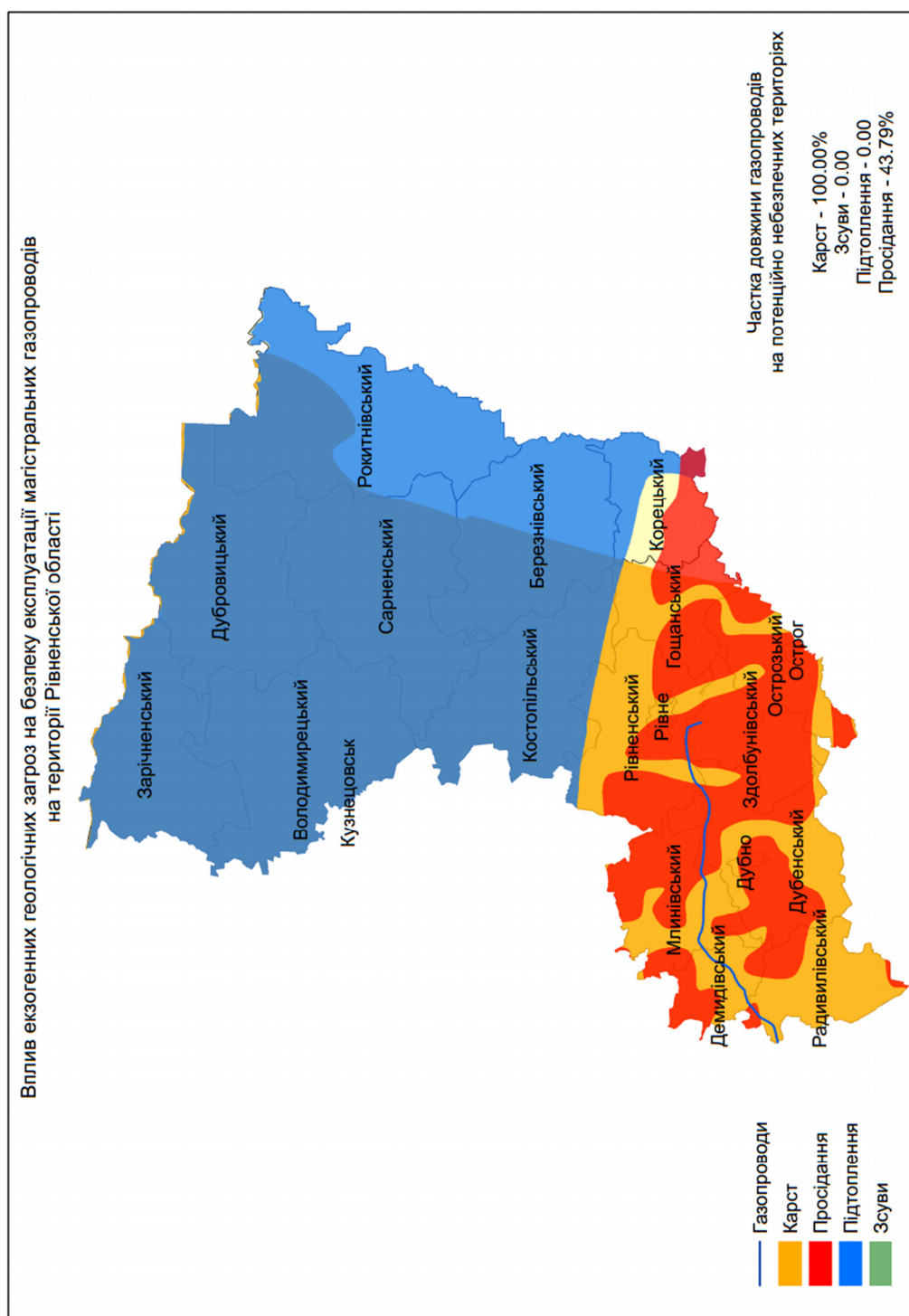


Рис. Б.13. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Рівненській області

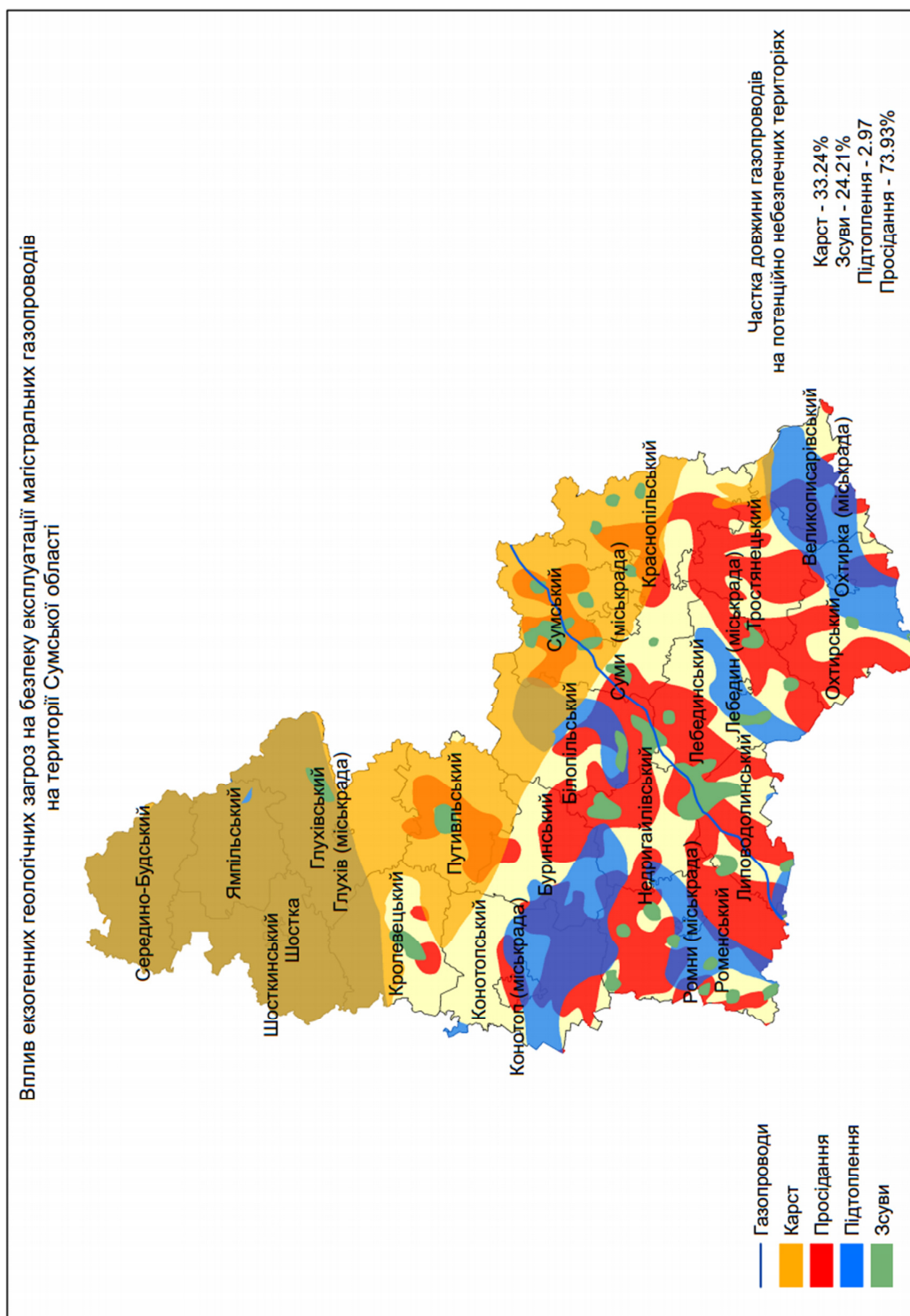


Рис. Б.14. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Сумській області

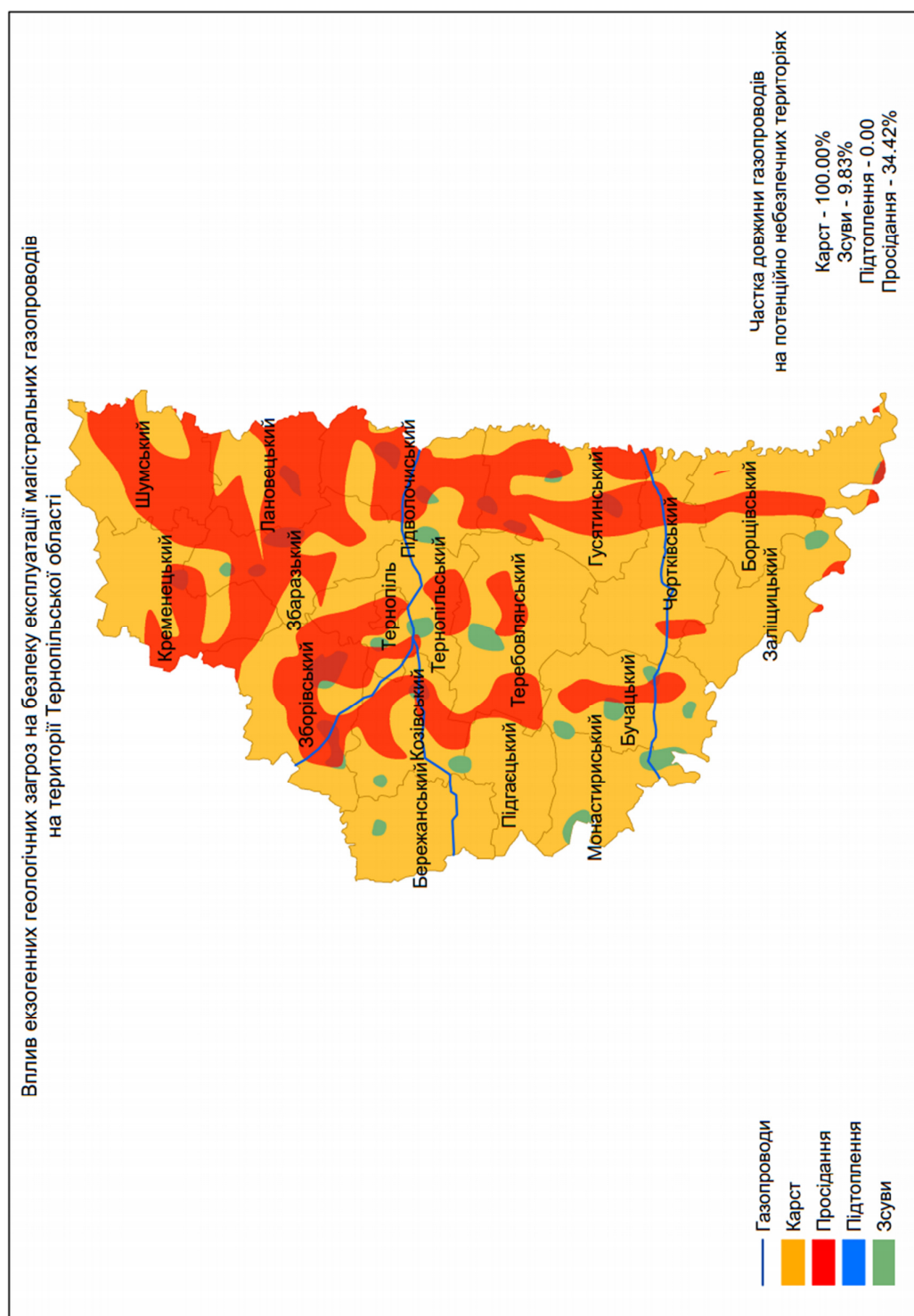


Рис. Б.15. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Тернопільській області

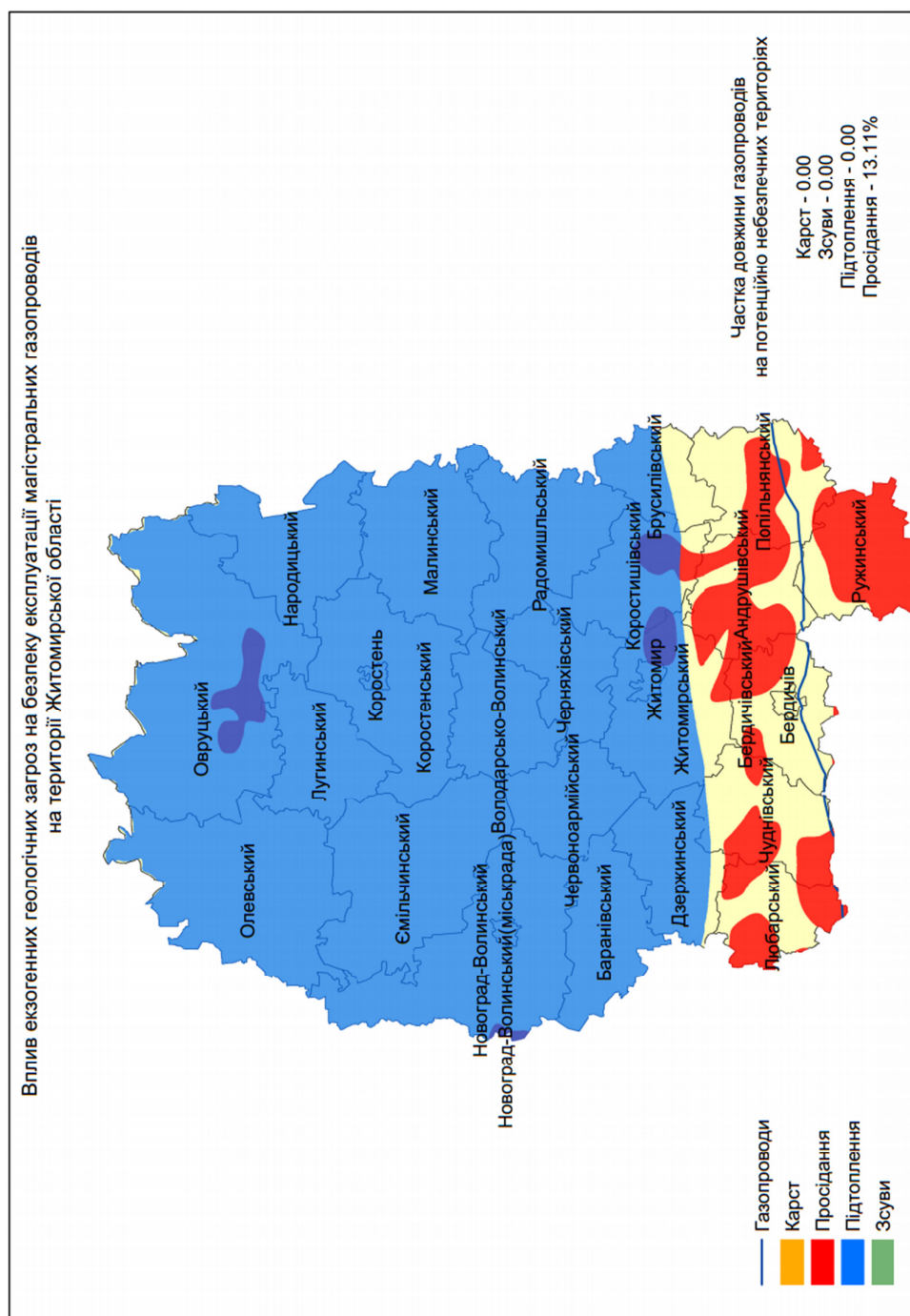


Рис. Б.16. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Житомирській області

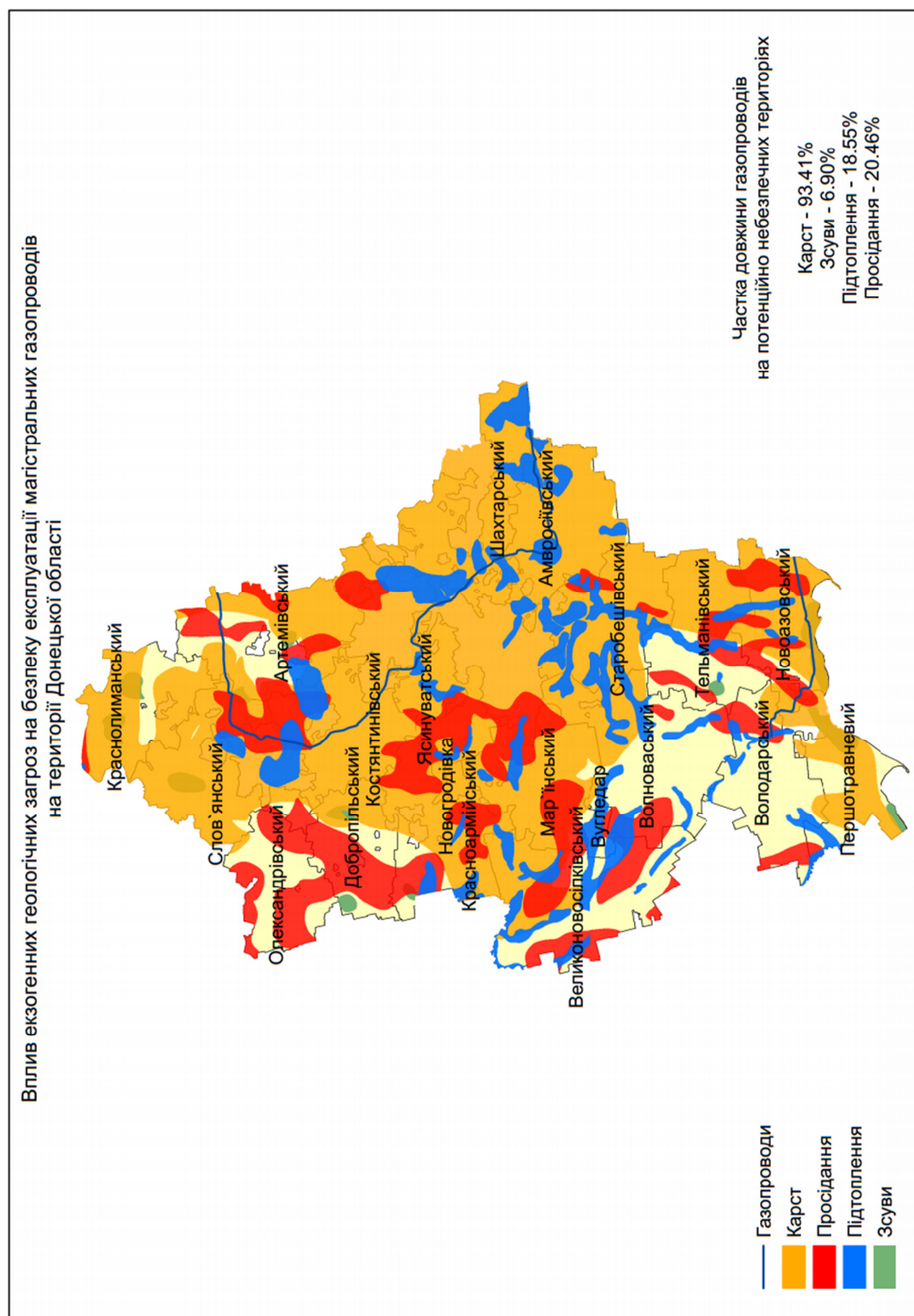


Рис. Б.17. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Донецькій області

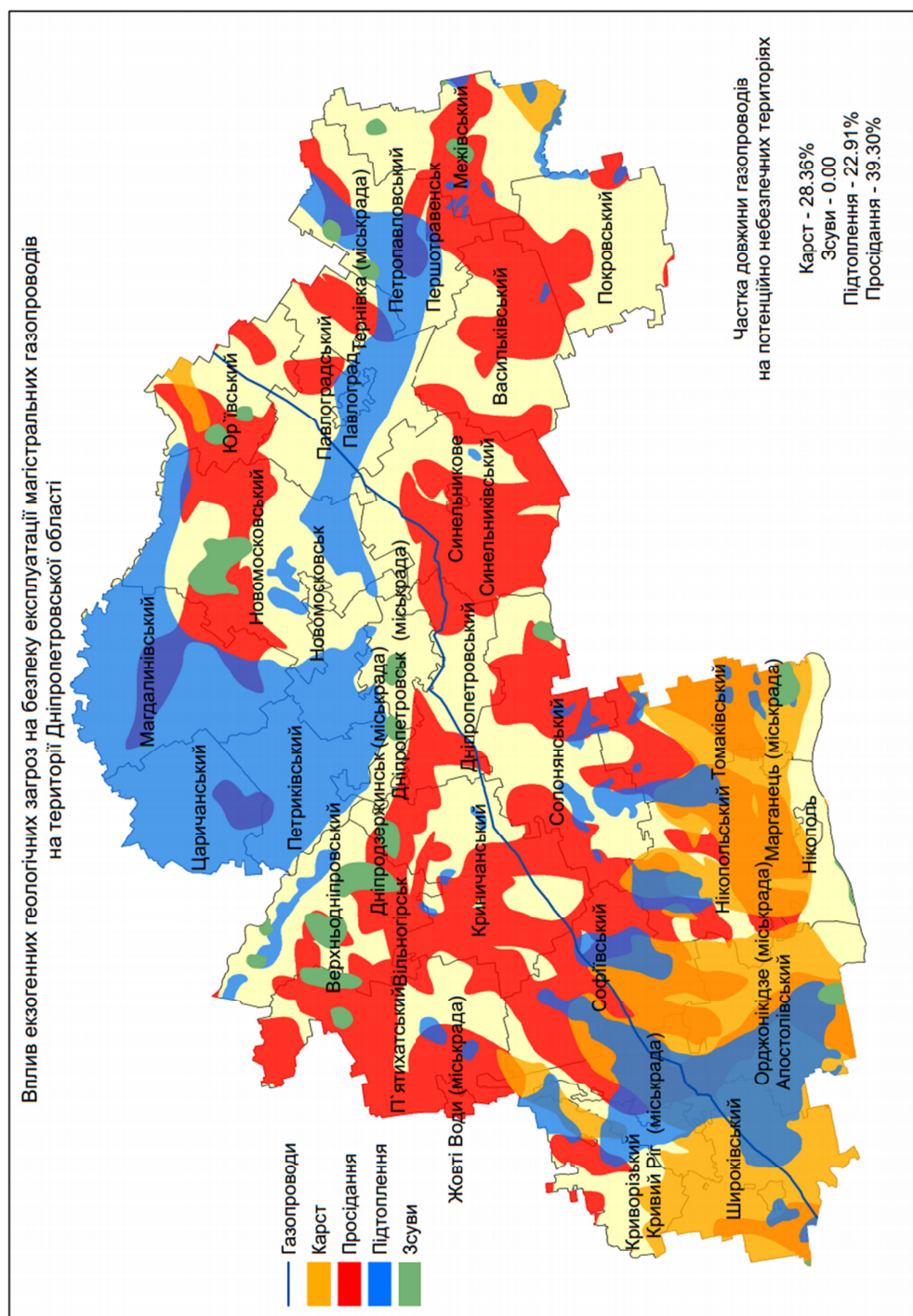


Рис. Б.18. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Дніпропетровській області

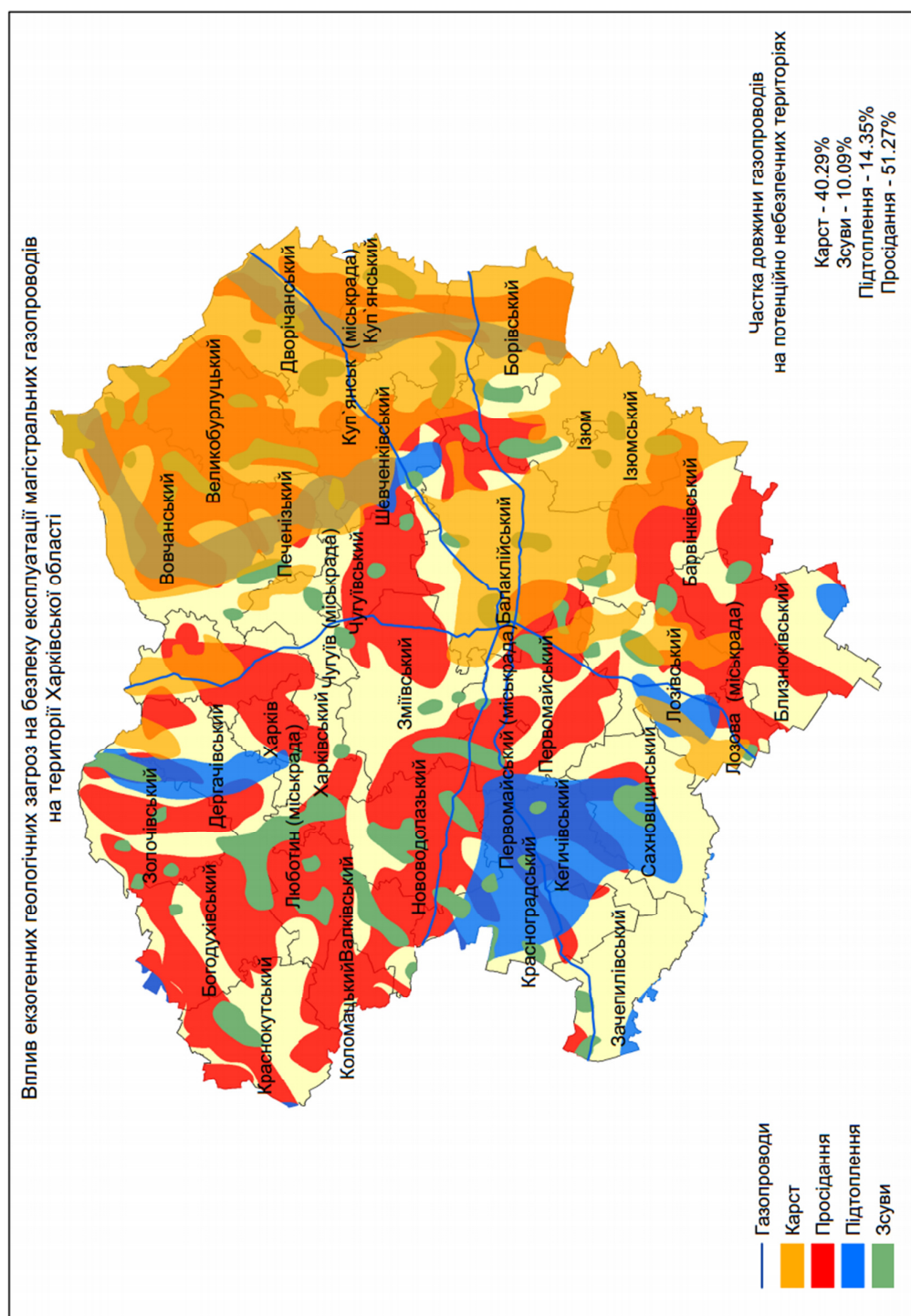


Рис. Б.19. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Харківській області

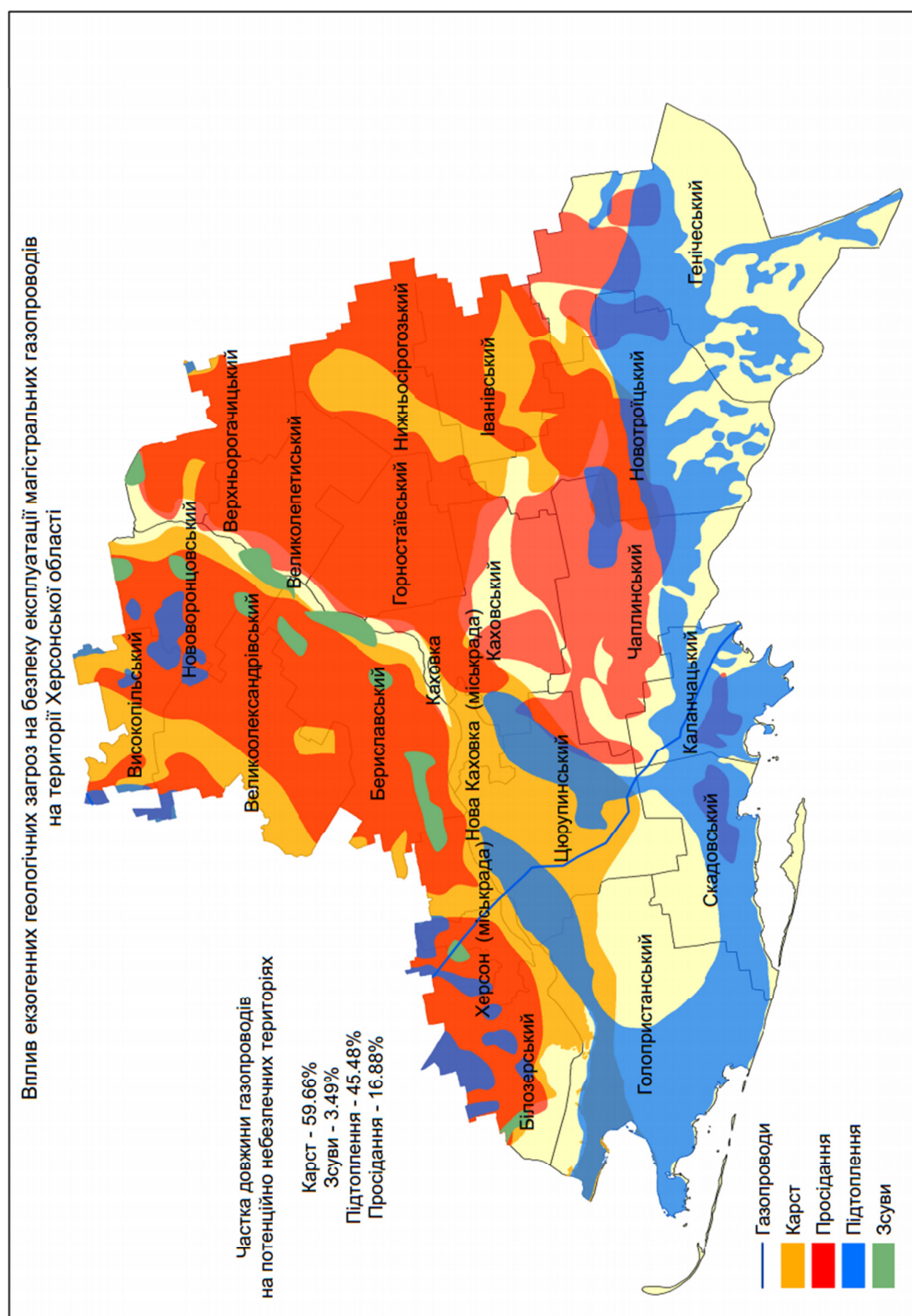


Рис. Б.20. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Херсонській області

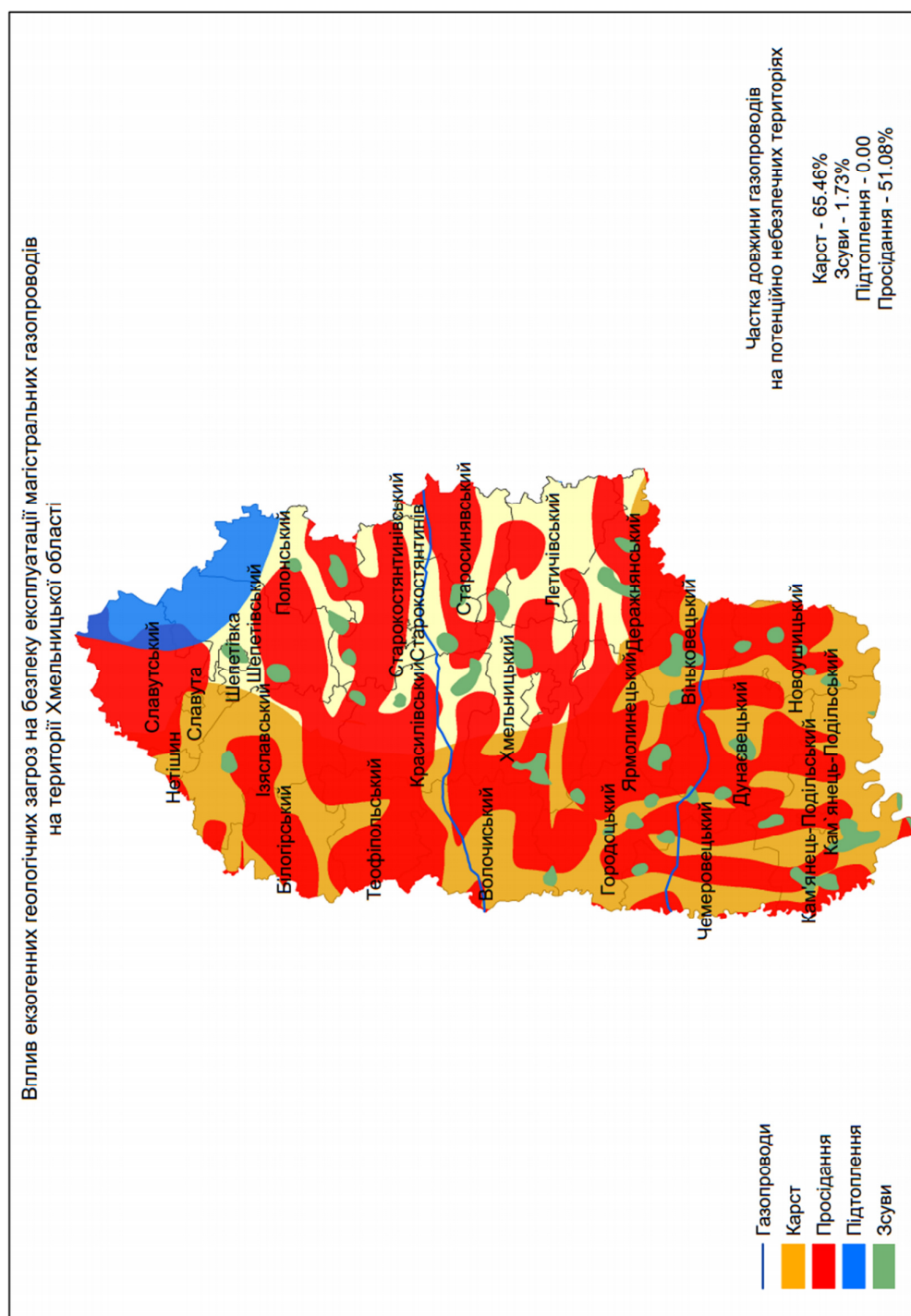


Рис. Б.21. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Хмельницькій області

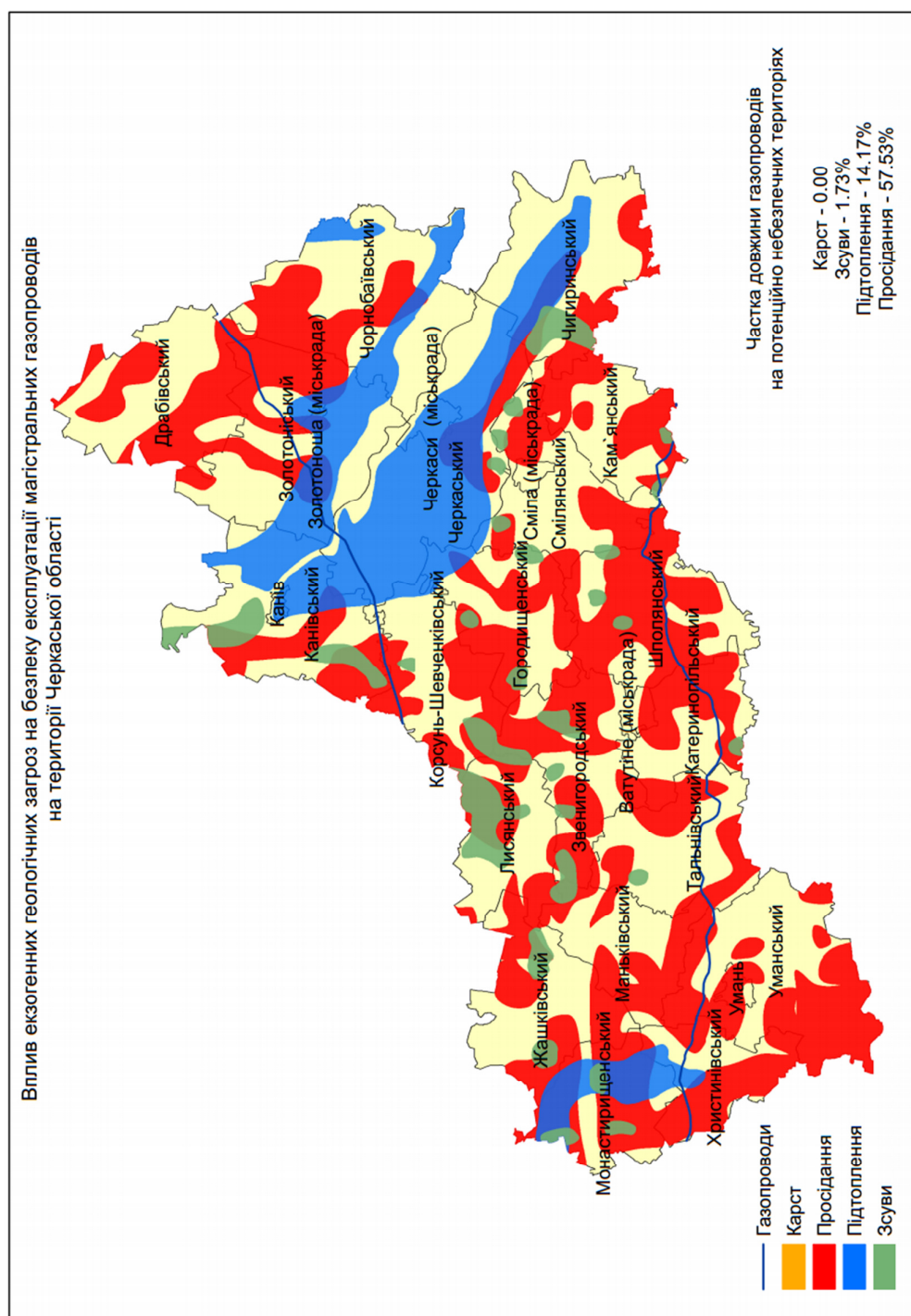


Рис. Б.22. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Черкаській області

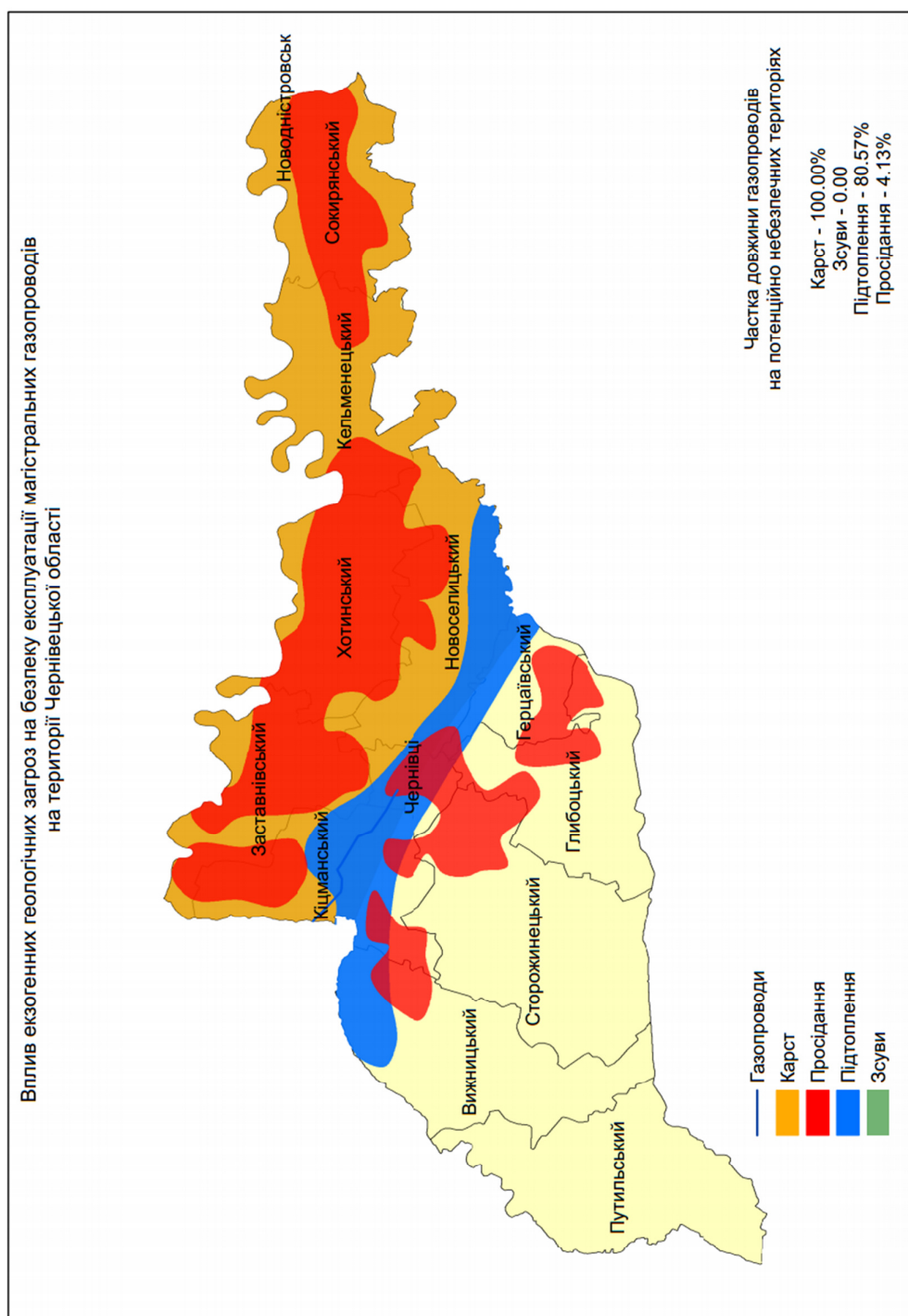


Рис. Б.23. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Чернівецькій області

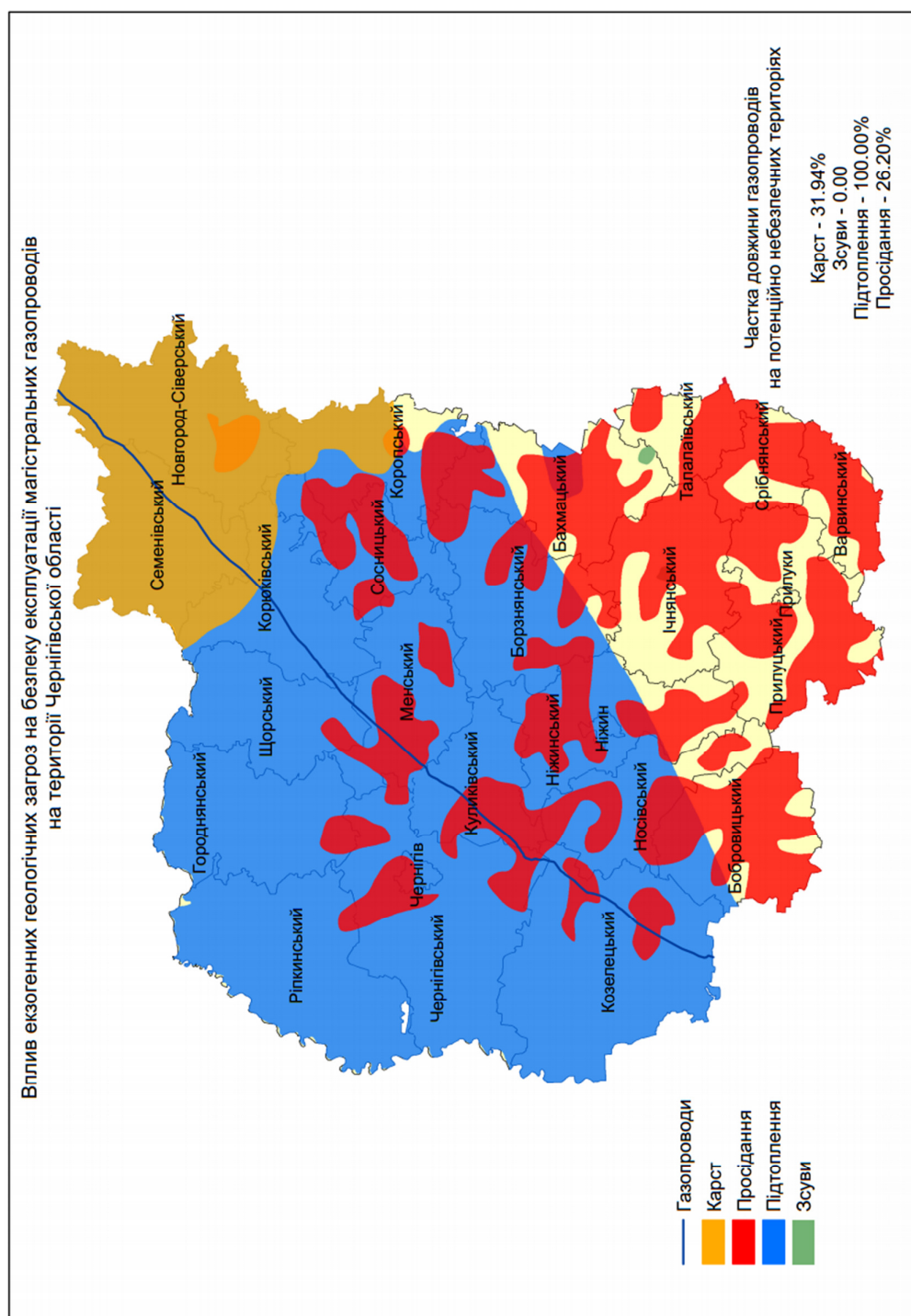


Рис. Б.24. Екзогенні геологічні загрози безпеці експлуатації магістральних газопроводів у Чернігівській області